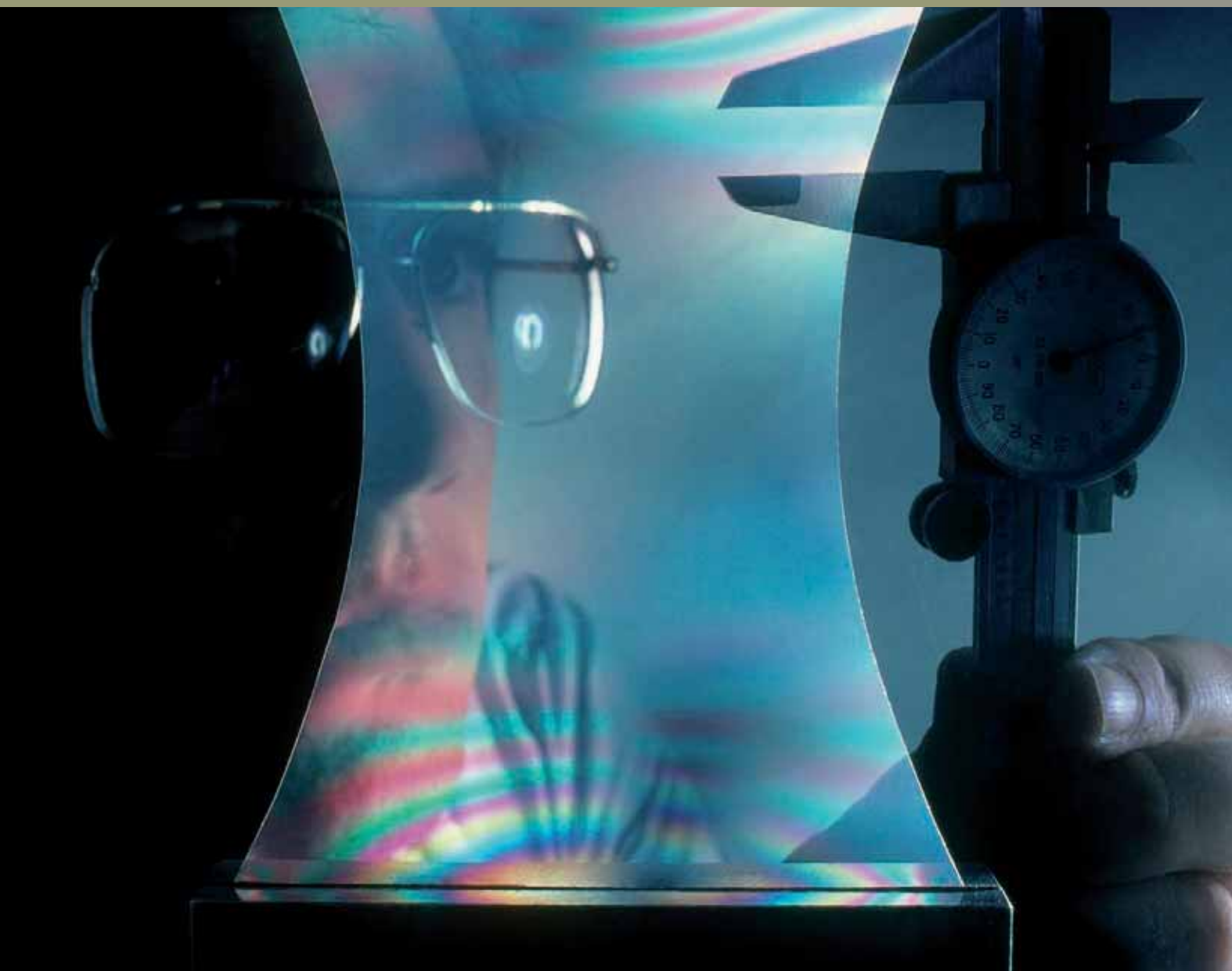


# Técnica Industrial 291



## POLÍMEROS CONDUCTORES

Nuevas aplicaciones en pinturas anticorrosivas y en sustratos celulares

MICROALGAS, EL PETRÓLEO VERDE  
LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN LA ERA DIGITAL  
ENTREVISTA: MILLÁN MILLÁN MUÑOZ

TECNICAINDUSTRIAL.ES

ISSN 0040-1838



00291

9 770040 183001

- > ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN INFRAESTRUCTURAS EÓLICAS
- > ESTRUCTURAS TENSEGRÍTICAS
- > DISEÑO DE PLANTADORA MECÁNICA DE PATATAS
- > HERRAMIENTAS DE REDES NEURONALES PARA INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

# Técnica Industrial

La revista de la Ingeniería Técnica Industrial

## ACTUALIDAD

### Noticias y novedades

**04 La robótica impulsa los autómatas asistenciales y para trabajos cotidianos**  
Madrid desarrolla robots para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad y falta de autonomía.

*Pura C. Roy*

**06 El Gobierno, mediante ley, da luz verde al almacén geológico de CO<sub>2</sub>**  
Esta tecnología podría evitar en 2030 emisiones que representan el 15% de las reducciones exigidas en el ámbito de la UE para mitigar el cambio climático.

*Pura C. Roy*

10 Ciencia

11 I + D

12 Medio ambiente

### Reportaje

**16 Microalgas, el petróleo verde**  
El biocombustible obtenido a partir del cultivo de microalgas todavía se encuentra en los laboratorios pero se perfila como una opción energética complementaria.

*Manuel C. Rubio*

### Entrevista

**20 Enrique Espí Guzmán**  
Este experto en bioenergía del Centro de Tecnología de Repsol sostiene que "España puede tener un papel clave en el desarrollo industrial del cultivo de algas".

*Ana P. Fraile*



**22 Ferias y congresos**

**En portada:** Un investigador realiza pruebas de control de calidad de una fina película de polímero. Foto: AGE Fotostock

## ARTÍCULOS

### 24 DOSSIER Nuevas aplicaciones de los polímeros conductores

New applications of conductive polymers  
Gracias a su estructura molecular orgánica combinada con su inusual conductividad eléctrica y su gran capacidad de almacenamiento de carga, los polímeros conductores pueden utilizarse como sustratos celulares y en pinturas anticorrosión.

*Francesc Estrany Coda, Carlos Alemán Llansó, Elaine Armelin Diggroc y Jordi Casanovas Salas*



### 34 ORIGINAL Diseño de una plantadora mecánica de patatas

Design of a mechanical potato planter

*Manuel Solaguren-Beascoa Fernández*

### 40 INNOVACIÓN Herramientas de redes neuronales para ingeniería de procesos industriales

Neural network tools for industrial process engineering

*Jordan Espina Lázaro, Javier A. García Sedano y Jesús M. Larrañaga Lesaca*

### 50 REVISIÓN Estructuras tensegríticas: nueva tipología estructural para el siglo XXI

Tensegrity structures: new structural typology for the 21st century

*Mamerto Gamboa Cerezo*

### 56 REVISIÓN Almacenamiento de energía en infraestructuras eólicas para la optimización del sistema eléctrico

Energy storage in wind power infrastructure for electrical system optimisation

*Manuel Ramírez Velasco*



## INGENIERÍA Y HUMANIDADES

### 68 Entrevista

**Millán Millán Muñoz**

El director del Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo valora los efectos del cambio climático en la zona.

*Hugo Cerdà*

### 73 Verbi Gratia

**El choque del futuro**

*Helena Pol*

### 74 Reportaje

**Los autores deciden sus derechos**

*M. Mar Rosell*

### 77 Anatomía de la cultura

**Cultura y género**

*Cristóbal Pera*

### 78 Publicaciones

## PROFESIÓN

### 05 Editorial

**La revista implanta el sistema peer review**

*Gonzalo Casino*

### 64 Noticias de los colegios

### 65 Ingeniería y sociedad

### 66 Cogiti

### 67 Foro Técnica Industrial

## COLUMNISTAS

### 15 Bit Bang

El technium. *Pura C. Roy*

### 23 Ecologismos

¿Dónde estamos? *Joaquín Fernández*

### 79 Contraseñas

El libro. *Gabriel Rodríguez*

### 80 Con Ciencia

Presunciones. *Ignacio F. Bayo*

**Técnica Industrial** fue fundada en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales. Actualmente es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada al Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales (Cogiti), y su Patronato está formado por los siguientes cargos y patronos:

## Comisión Ejecutiva

**Presidente:** Vicente Martínez García  
**Vicepresidente:** Pedro San Martín Ramos  
**Secretario:** Avelino García García  
**Vicesecretario:** Desiderio E. González Reglero  
**Vocales:** Antonio Otaegui Aramburu, Miguel Ferrero Fernández, José Antonio Marrero Nieto, Santiago Crivillé Andreu  
**Interventor:** Domingo Valero Mani  
**Tesorero:** Pedro Rosés Delgado  
**Gerencia y Coordinación:** Juan Santana Alemán

## Patronos

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales (UATIE). Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales.  
 Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales representados por sus decanos:  
**A Coruña:** Edmundo Varela Lema  
**Álava:** Alberto Martínez Martínez  
**Albacete:** Francisco Avellaneda Carril  
**Alicante:** Antonio Martínez-Canales Murcia  
**Almería:** Juan Luis Viedma Muñoz  
**Aragón:** Juan Ignacio Larraz Pló  
**Ávila:** Fernando Espi Zarza  
**Badajoz:** Manuel León Cuenca  
**Illes Balears:** Juan Ribas Cantero  
**Barcelona:** Joan Ribó Casaus  
**Bizkaia:** Mario Ruiz de Aguirre Bereciartua  
**Burgos:** Jesús de Garay Mañueco  
**Cáceres:** José Manuel Cebriá Álvarez  
**Cádiz:** Domingo Villeró Carro  
**Cantabria:** Aquilino de la Guerra Rubio  
**Ciudad Real:** José Carlos Pardo García  
**Córdoba:** Francisco López Castillo  
**Cuenca:** Pedro Langreo Cuenca  
**Gipuzkoa:** Jorge Arévalo Turrillas  
**Girona:** Narcís Bartina Boxa  
**Granada:** Isidro Román López  
**Guadalajara:** Juan José Cruz García  
**Huelva:** José Antonio Melo Mezcuá  
**Jaén:** Miguel Ángel Puebla Hernández  
**La Rioja:** Juan Manuel Navas Gordo  
**Las Palmas:** José Antonio Marrero Nieto  
**León:** Miguel Ferrero Fernández  
**Lleida:** Joan Monyarch Calizo  
**Lugo:** Jorge Rivera Gómez  
**Madrid:** Juan de Dios Alférez Cantos  
**Málaga:** Antonio Serrano Fernández  
**Manresa:** Alberto Gómez Pardo  
**Región de Murcia:** José Antonio Galdón Ruiz  
**Navarra:** Gaspar Doménch Arrese  
**Ourense:** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez  
**Palencia:** Jesús Pastor Cuesta  
**Principado de Asturias:** Enrique Pérez Rodríguez  
**Salamanca:** Eduardo González Sánchez  
**S. C. Tenerife:** Antonio M. Rodríguez Hernández  
**Segovia:** Rodrigo Gómez Parra  
**Sevilla:** Francisco José Reyna Martín  
**Soria:** Levy Garijo Tarancón  
**Tarragona:** Santiago Crivillé i Andreu  
**Toledo:** Joaquín de los Reyes García  
**Valencia:** José Luis Jorín Casas  
**Valladolid:** Ricardo de la Cal Santamarina  
**Vigo:** José Pose Blanco  
**Vilanova i la Geltrú:** Luis S. Sánchez Gamarra  
**Zamora:** Pedro San Martín Ramos

**Técnica Industrial**, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad bimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica seis números al año (febrero, abril, mayo, agosto, octubre y diciembre) y tiene una versión digital accesible en [www.tecnicaindustrial.es](http://www.tecnicaindustrial.es). Los contenidos de la revista se estructuran en torno a un núcleo principal de artículos técnicos relacionados con la ingeniería, la industria y la innovación, que se complementa con información de la actualidad científica y tecnológica y otros contenidos de carácter profesional y humanístico.

**Técnica Industrial. Revista de Ingeniería, Industria e Innovación** pretende ser eco y proyección del progreso de la ingeniería industrial en España y Latinoamérica, y, para ello, impulsa la excelencia editorial tanto en su versión impresa como en la digital. Para garantizar la calidad de los artículos técnicos, su publicación está sometida a un riguroso sistema de revisión por pares (*peer review*). La revista asume las directrices para la edición de revistas científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt) y las del International Council of Scientific Unions (ICSU), con el fin de facilitar su indexación en las principales bases de datos y ofrecer así la máxima visibilidad y el mayor impacto científico de los artículos y sus autores.

**Técnica Industrial** considerará preferentemente para su publicación los trabajos más innovadores relacionados con la ingeniería industrial. Todos los artículos técnicos remitidos deben ser originales, inéditos y rigurosos, y no deben haber sido enviados simultáneamente a otras publicaciones. Sus autores son los únicos responsables de las afirmaciones vertidas en los artículos. Todos los originales aceptados quedan como propiedad permanente de **Técnica Industrial**, y no podrán ser reproducidos en parte o totalmente sin su permiso. El autor cede, en el supuesto de publicación de su trabajo, de forma exclusiva a la Fundación Técnica Industrial, los derechos de reproducción, distribución, traducción y comunicación pública (por cualquier medio o soporte sonoro, audiovisual o electrónico) de su trabajo.

**Tipos de artículos** La revista publica artículos *originales* (artículos de investigación que hagan alguna aportación teórica o práctica en el ámbito de la ingeniería y la industria), de *revisión* (artículos que divulguen las principales aportaciones sobre un tema determinado), de *innovación* (artículos que expongan nuevos procesos, métodos o aplicaciones o bien aporten nuevos datos técnicos en el ámbito de la ingeniería industrial) y de *opinión* (comentarios e ideas sobre algún asunto relacionado con la ingeniería industrial). Además, publica un quinto tipo de artículos, el *dossier*, un trabajo de revisión sobre un tema de interés encargado por la revista a expertos en la materia.

**Redacción y estilo** El texto debe ser claro y ajustarse a las normas convencionales de redacción y estilo de textos técnicos y científicos. Se recomienda la redacción en impersonal. Los autores evitarán el abuso de expresiones matemáticas y el lenguaje muy especializado, para así facilitar la comprensión de los no expertos en la materia. Las mayúsculas, negritas, cursivas, comillas y demás recursos tipográficos se usarán con moderación, así como las siglas (para evitar la repetición excesiva de un término de varias palabras se podrá utilizar una sigla a modo de abreviatura, poniendo entre paréntesis la abreviatura la primera vez que aparezca en el texto). Las unidades de medida utilizadas y sus abreviaturas serán siempre las del sistema internacional (SI).

**Estructura** Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas: 1. **Presentación y datos de los autores.** El envío de artículos debe hacerse con una carta (o correo-e) de presentación que contenga lo siguiente: 1.1 Título del artículo; 1.2 Tipo de artículo (original, revisión, innovación y opinión); 1.3 Breve explicación del interés del mismo; 1.4 Código Unesco de cuatro dígitos del área de conocimiento en la que se incluye el artículo para facilitar su revisión (en la página web de la revista figuran estos códigos); 1.5 Nombre completo, correo electrónico y breve perfil profesional de todos los autores (titulación y posición laboral actual, en una extensión máxima de 300 caracteres con espacios); 1.6 Datos de contacto del autor principal o de correspondencia (nombre completo, dirección postal, correo electrónico, teléfonos y otros datos que se consideren necesarios). 1.7 La cesión de los derechos al editor de la revista. 1.8 La aceptación de estas normas de publicación por parte de los autores.

2. **Texto.** En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-

8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta estructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede reproducirse también en el resumen. En los artículos de revisión, innovación y opinión se pueden definir los apartados como mejor convenga, procurando distribuir la información entre ellos de forma coherente y proporcionada. Se recomienda numerar los apartados y subapartados (máximo tres niveles: 1, 1.2, 1.2.3) y denominarlos de forma breve.

1.1 **Introducción.** No debe ser muy extensa pero debe proporcionar la información necesaria para que el lector pueda comprender el texto que sigue a continuación. En el apartado introductorio no son necesarias tablas ni figuras.

1.2 **Métodos.** Debe proporcionar los detalles suficientes para que una experiencia determinada pueda repetirse.

1.3 **Resultados.** Es el relato objetivo (no la interpretación) de las observaciones efectuadas con el método empleado. Estos datos se expondrán en el texto con el complemento de las tablas y las figuras.

1.4 **Discusión y/o conclusiones.** Los autores exponen aquí sus propias reflexiones sobre el tema y el trabajo, sus aplicaciones, limitaciones del estudio, líneas futuras de investigación, etcétera.

1.5 **Agradecimientos.** Cuando se considere necesario se citará a las personas o instituciones que hayan colaborado o apoyado la realización de este trabajo. Si existen implicaciones comerciales también deben figurar en este apartado.

1.6 **Bibliografía.** Las referencias bibliográficas deben comprobarse con los documentos originales, indicando siempre las páginas inicial y final. La exactitud de estas referencias es responsabilidad exclusiva de los autores. La revista adopta el sistema autor-año o *estilo Harvard* de citas para referenciar una fuente dentro del texto, indicando entre paréntesis el apellido del autor y el año (Apple, 2000); si se menciona más de una obra publicada en el mismo año por los mismos autores, se añade una letra minúscula al año como ordinal (2000a, 2000b, etcétera). La relación de todas las referencias bibliográficas se hará por orden alfabético al final del artículo de acuerdo con estas normas y ejemplos:

1.6.1 Artículo de revista: García Arenilla I, Aguayo González F, Lama Ruiz JR, Soltero Sánchez VM (2010). Diseño y desarrollo de interfaz multifuncional holónica para audioguía de ciudades. *Técnica Industrial* 289: 34-45.

1.6.2 Libro: Roldán Vilorio J (2010). *Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones*. Paraninfo, Madrid. ISBN 978-84-283-3202-6.

1.6.3 Material electrónico: Anglia Ruskin University (2008). *University Library. Guide to the Harvard Style of Referencing*. Disponible en: [http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard\\_referencing.pdf](http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard_referencing.pdf). (Consultado el 1 de diciembre de 2010).

3. **Tablas y figuras.** Deben incluirse solo las tablas y figuras imprescindibles (se recomienda que no sean más de una docena en total). Las fotografías, gráficas e ilustraciones se consideran figuras y se referenciarán como tales. El autor garantiza, bajo su responsabilidad, que las tablas y figuras son originales y de su propiedad. Todas deben ir numeradas, referenciadas en el artículo (ejemplo: tabla 1, figura 1, etcétera) y acompañadas de un título explicativo. Las figuras deben ser de alta resolución (preferentemente de 300 ppp), y sus números y leyendas de un tamaño adecuado para su lectura e interpretación. Con independencia de que vayan insertas en el documento del texto, cada figura debe ir, además, en un fichero aparte (jpg).

**Extensión** Para los artículos originales, de revisión y de innovación, se recomienda que la extensión del texto no exceda las 15 páginas de 30 líneas espacio (letra Times de 12 puntos; unas 5.500 palabras, 32.000 caracteres con espacios).

**Entrega** Los autores remitirán sus artículos preferentemente a través del enlace Envío de artículos de la página web de la revista, donde figuran todos los requisitos y campos que se deben rellenar; de forma alternativa, se pueden enviar al correo electrónico [cogiti@cogiti.es](mailto:cogiti@cogiti.es). Los autores deben conservar los originales de sus trabajos, pues el material remitido para su publicación no será devuelto.

La revista acusará recibo de los trabajos remitidos e informará de su posterior aceptación o rechazo, y se reserva el derecho de acortar y editar los artículos que se publiquen. **Técnica Industrial** no asume necesariamente las opiniones de los textos firmados.



# La revista implanta el *peer review*

*Técnica Industrial*, la revista de la Ingeniería Técnica Industrial, acaba de implantar el sistema *peer review*. Traducido al español como "revisión por pares" o "arbitraje", este sistema de control de calidad editorial es el que mejor garantiza el rigor y la credibilidad de los artículos técnicos publicados en una revista. El *peer review* no es un sistema perfecto, pues adolece de cierta lentitud y no es inmune a los errores, pero con él ocurre como con la democracia como sistema de gobierno: es el mejor de los conocidos.

Las publicaciones de más prestigio en todas las ramas de las ciencias someten la publicación de los manuscritos que reciben a una revisión por pares antes de decidir si los rechazan o aceptan, con o sin enmiendas. Los "pares" son expertos en la materia de la que trata el artículo, lo que les confiere autoridad para realizar una evaluación crítica y sugerir una decisión sobre su publicación. Habitualmente cada artículo es revisado por dos expertos, que pueden ser más en caso de discrepancias. Esta revisión por expertos, unida a otros controles en el proceso de edición, es lo que garantiza un mínimo de calidad y rigor, tanto editorial como científico.

En general, sólo se considera válida una publicación cuando los artículos que publica han pasado por un proceso de revisión por pares. Pues bien, *Técnica Industrial*, el órgano de comunicación preferente de más de 100.000 profesionales, es ya desde este primer número de 2011 una revista arbitrada a todos los efectos. La adopción del sistema *peer review* era uno de los objetivos que se propuso hace unos meses el recién constituido consejo de redacción de la revista para mejorar la calidad de sus trabajos y el reconocimiento externo de los artículos publicados. Como escribieron los miembros de este consejo en el editorial del número 288 (agosto 2010), "este impulso a nuestra revista *Técnica Industrial* en una época de crisis e incertidumbre permitirá proyectar la profesión con éxito desde su sólida posición actual, contribuyendo al desarrollo e innovación técnica que la sociedad demanda".

Todos los artículos que se publiquen en la revista a partir de ahora habrán sido evaluados al menos por dos expertos en la materia y habrán superado, por tanto, una criba en aspectos tales como originalidad; rigor técnico y científico; interés y utilidad para el lector, y calidad redaccional. Junto al resumen del artículo se indica, además, las respectivas fecha de recepción y de aceptación del manuscrito. Y, cuando proceda, la fecha de publicación *online*, si el artículo ha sido publicado con anterioridad en la versión digital de la revista.

Desde hace unos meses, todos los artículos técnicos se publican con su título, resumen y palabras clave traducidos al inglés.

"ESTE HITO ES SÓLO EL PRIMER PASO DE UN LARGO CAMINO DE EXIGENCIA Y SUPERACIÓN PARA QUE LA REVISTA *TÉCNICA INDUSTRIAL* SE CONVIERTA EN LA PRINCIPAL PUBLICACIÓN DE REFERENCIA EN INGENIERÍA, INDUSTRIA E INNOVACIÓN EN ESPAÑOL"

Asimismo, para facilitar la indexación y la acreditación de los autores, llevan también a partir de ahora un membrete bibliográfico en el margen inferior de todas sus páginas con la fecha de la publicación, el número de la revista y la primera y última página del artículo, además del título y nombre de sus autores en cada doble página. Esta es la norma habitual en las revistas que aspiran a ser indexadas en las mejores bases de datos, para garantizar así la máxima visibilidad e impacto de los artículos publicados.

Las normas de publicación de la revista han sido revisadas y actualizadas para adecuarlas a las nuevas exigencias editoriales. Siguiendo las principales recomendaciones para la publicación de revistas científicas y técnicas, todos los manuscritos deben cumplir una serie de normas que afectan a su estructura, redacción y otros pormenores, como requisito previo para su evaluación por expertos. La revista ya cuenta con un amplio plantel de revisores, coordinados por la figura del secretario de redacción, y ha implantado además un nuevo *software* de edición y revisión para realizar con eficacia esta tarea. Con todo, hay que tener presente que la calidad de la revista depende esencialmente de la calidad de los manuscritos recibidos. Al ser una revista arbitrada, *Técnica Industrial* será, sin duda, una publicación más atractiva para los autores a la vez que un mejor estandarte de la profesión.


La implantación del *peer review* llega cuando la revista está a punto de entrar en su sexagésimo año de edición ininterrumpida (el primer número apareció en marzo de 1952). Pero este hito es sólo el primer paso de un largo camino de exigencia y superación para que la revista se convierta en la principal publicación de referencia en ingeniería, industria e innovación en español". *Técnica Industrial* pretende ser eco y proyección del progreso de la ingeniería industrial en España y Latinoamérica, pero para conseguirlo es necesario el apoyo continuado del Cogiti y de los colegios, así como la confianza renovada de sus lectores y autores técnicos.

**Gonzalo Casino** Director

**Director:** Gonzalo Casino

**Secretario de redacción:** Francesc Estrany Coda (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona) **Consejo de redacción:** Francisco Aguayo González (Universidad de Sevilla), Miguel Ferrero Fernández (Universidad de León), Antonio Luis Galiano Pérez (Alicante), Ramón González Drigo (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona), José Ignacio Nogueira Goriba (Universidad Carlos III, Madrid), Ramón Oliver Pujol (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona).

**Redactora jefe:** Pura C. Roy **Colaboradores:** Joan Carles Ambrojo, Manuel C. Rubio, Hugo Cerdà, Ignacio F. Bayo, Joaquín Fernández, Beatriz Hernández Cembellín, Patricia Luna, Cristóbal Pera, Ana Pérez Fraile, Helena Pol, Gabriel Rodríguez, M. Mar Rosell, Fátima Santana, Mauricio Wiesenthal **Diseño gráfico:** Mariona García **Fotografía:** Ignacio Adeva, Consuelo Bautista, Santi Burgos, Vicens Giménez, Beatriz Morales, Vera Salatino, Alonso Serrano, Mónica Torres, Shutterstock, Pictelia **Ilustración:** Alabama, Cardiel, Margot, Viridis.

**Secretaría:** Mary Aranda **Redacción y administración:** Avda. Pablo Iglesias, 2, 2º. 28003 Madrid. Tel: 915 541 806 / 915 541 809 Fax: 915 537 566 Correo-e: revista@tecnicaindustrial.es **Publicidad:** Labayru y Anciones. Andorra, 69. 28043 Madrid. Tel: 913 886 642 / 492. Fax: 913 886 518 **Impresión:** Gráficas Monterreina, S.A. **Depósito legal:** M. 167-1958 **ISSN:** 0040-1838 **ISSN (internet):** 2172-6957. Difusión controlada por 



## La robótica impulsa los autómatas asistenciales y para trabajos cotidianos

La Comunidad de Madrid desarrolla robots para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad y falta de autonomía. Otro proyecto europeo idea autómatas para trabajos bajo el agua

**Pura C. Roy**

La robótica sigue siendo una de las disciplinas que más novedades traerá en el futuro. Múltiples desarrollos se están experimentando en todo el mundo. La Comunidad de Madrid quiere impulsar mediante el proyecto Robocity2030 el uso de robots asistenciales. El programa agrupa a más de 60 médicos y 100 investigadores. Un consorcio coordinará los proyectos y al frente de él está Carlos Balaguer, director del Robotics Lab, de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). También participan la Universidad de Alcalá (UAH), la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), la Universi-

dad Politécnica de Madrid (UPM), la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Uno de los proyectos más importantes del programa Robocity2030 es el entorno inteligente doméstico que se ha creado en la UC3M y que representa una cocina en la que podría desenvolverse un robot de asistencia como *Asibot*.

¿Se imaginan un brazo mecánico que pudiera desplazarse por las paredes de una casa de manera autónoma y que pudiera coger platos, lavar los dientes y dar de comer? Ésa es la idea sobre la que se basa *Asibot*.

ayuda externa para mejorar su calidad de vida, explica Carlos Balaguer, uno de los responsables del proyecto.

LOS ROBOTS HUMANOIDES SON RÉPLICAS ARTIFICIALES CON CAPACIDADES PERCEPTIVAS Y MOTORAS COMPLEJAS, A LA VEZ QUE UNA PLATAFORMA EXPERIMENTAL PARA ESTUDIAR EL PROCESAMIENTO COGNITIVO

El robot asistencial *Asibot* permite acoplar diferentes conectores y ser anclado a la silla de ruedas de un discapacitado. Foto: UC3M



El problema al que se enfrentaron cuando se inició el proyecto, hace más de seis años, era la forma de desplazarlo de forma segura. Para ello optaron por el anclaje con puntos para recibir la energía. De momento, el movimiento entre los mismos y las tareas se realizan mediante una programación previa, pero los investigadores trabajan para dotar al robot de un sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para que pueda realizar tareas de forma autónoma. Uno de los aspectos más interesantes de *Asibot* es su portabilidad, ya que puede ser acoplado en diferentes conectores e incluso ser anclado a la silla de ruedas de un discapacitado. El transporte del robot tampoco es complicado, pues su peso no supera los 11 kg, por lo que puede ser conectado o desconectado sin dificultad.

El objetivo de este tipo de robots es permitir a personas discapacitadas, de la tercera edad o con problemas cognitivos, por ejemplo, que puedan vivir solas en las casas sin

### Tareas subacuáticas

Por su parte, investigadores del Instituto Fraunhofer de Tecnología de Sistemas Centrales de Aplicaciones de Alemania trabajan en el diseño de un robot de buceo capaz de llevar a cabo tareas cotidianas bajo el agua, sin ayuda de personas y sin las limitaciones propias de los vehículos submarinos autónomos actuales. Estos últimos pueden tomar datos de forma independiente o recoger muestras antes de volver al punto de partida, pero "por el momento, esta tecnología es demasiado cara para llevar a cabo tareas cotidianas, tales como inspecciones de presas o fondos de cascos", explica Thomas Rauschenbach.

Estos nuevos robots estarán adaptados a todo tipo de aguas, desde embalses con agua limpia hasta puertos con agua turbia, y funcionarán igual de bien tanto en el fondo oceánico como, por ejemplo, durante la inspección de las bases de hormigón de turbinas de viento marinas situadas a poca profundidad. Científicos de diferentes áreas del instituto trabajan en los componentes del robot. La visión se basa en una tecnología especial de análisis y exposición que determinará en primer lugar la distancia a un objeto.

Posteriormente, una cámara emitirá un impulso láser que será reflejado por el objeto, como, por ejemplo, una pared. A continuación, unos microsegundos antes de que llegue el destello de luz reflejada, la cámara abrirá la abertura y los sensores captarán los impulsos de luz incidentes. Su cerebro será un programa de control que permitirá mantener el rumbo incluso en caso de corrientes fuertes. Un cuarto equipo de ingenieros trabaja simultáneamente en el diseño de la cápsula de silicona de los circuitos electrónicos, de forma que sea resistente a las altas presiones.

### Aprender a pensar

Las hipótesis de cómo un ordenador puede pensar son muchas. Una de ellas la están comprobando científicos europeos financiados con fondos comunitarios. Según estos investigadores, los robots podrían aprender de forma autónoma a partir de sus observaciones y experiencias. Este trabajo es fruto del proyecto Paco-Plus (percepción, acción y cognición mediante el aprendizaje de complejos objeto-acción). Éste lleva acabo la mayor parte de su trabajo con robots humanoides.

“Los robots humanoides son réplicas artificiales con capacidades perceptivas y motoras complejas y sofisticadas, lo que los convierte en la plataforma experimental más adecuada para estudiar la cognición y el procesamiento cognitivo de información”, explica Tamim Asfour, del Grupo de Investigación con Humanoides del Instituto de Antropomática del Instituto Tecnológico de Karlsruhe (KIT, Alemania) y coordinador del proyecto.

El equipo imita los procesos de aprendizaje de los niños pequeños. Cuando se encuentran con un objeto nuevo, suelen tratar de agarrarlo, introducirse en la boca o golpearlo contra otro objeto. Gradualmente, y por medio de ensayo y error, aprenden, por ejemplo, que un palito redondeado encaja en un orificio redondeado, y de esta manera se amplía su repertorio de acciones.

Según Asfour, el trabajo de su equipo retoma la labor realizada por Rodney Brooks, profesor de robótica del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). El profesor Brooks fue el primero en declarar explícitamente que la cognición es una función de nuestras percepciones y de nuestra capacidad de interactuar con el entorno. En otras palabras, la cognición surge de nuestra presencia física y ubicada en el medio.



Michael Barnier y Vincent Van Quickenborne.

## La propuesta de patentes europea discrimina el idioma español

**La utilización de sólo tres de las lenguas europeas, inglés, francés y alemán, no es aceptada por España e Italia**

El Ejecutivo comunitario presentó el 14 de diciembre una propuesta, apoyada por 12 socios europeos, para constituir un sistema común de patentes válido en los países que lo deseen. Estos países se han acogido a la vía de la “cooperación reforzada”, que permite poner en marcha una medida con el respaldo de un número de mínimo de países (nueve) cuando no es posible un mayor consenso en un plazo de tiempo razonable.

El nuevo modelo es apoyado por países como Alemania, Dinamarca, Finlandia, Francia, Holanda, Polonia, Suecia y el Reino Unido, mientras que España e Italia lo rechazan y demandan que haya unanimidad para poner en práctica la nueva patente. Dichos países, con el apoyo de la Comisión Europea, pretenden crear un sistema de patentes de la Unión Europea en el que sólo se pueda utilizar el inglés, el francés y el alemán, lenguas a las que el comisario francés Michael Barnier calificó de históricas, discriminando al resto de lenguas oficiales de la Unión Europea, incluyendo el español.

### Pérdida de competitividad

España opina que esto perjudica muy gravemente la competitividad de las empresas españolas en un sector tan estratégico como es el tecnológico, además de un notable encarecimiento para las empresas españolas. De las 51.969 patentes europeas que se concedieron en el 2009, 51.621, es decir, el 99,3%, pertenecen a solicitantes no españoles. Dichas empresas no españolas serían las que se ahorrarían traducir sus patentes al español; las empresas españolas tendrían que asumir este coste.

Para Vincent Van Quickenborne, ministro de Empresa y Simplificación de Bélgica, “el acuerdo alcanzado significa que en el futuro el coste de una patente comunitaria será 10 veces menor, de manera que la obtención de una patente en Europa tendrá un coste competitivo y comparable al de Estados Unidos y Japón. Sin duda, esto redundará muy positivamente en la competitividad de nuestra industria”.

La CEOE ha venido apoyando, y lo seguirá haciendo, la defensa que el Gobierno español, y en concreto el secretario de Estado para la Unión Europea, Diego López Garrido, ha hecho de los intereses españoles en este ámbito, demostrando en sus intervenciones un reconocimiento notable de la importancia estratégica de este tema.

Una patente europea, en 13 países cuesta hasta 18.000 euros, de los que 10.000 corresponden únicamente a gastos de traducción. Una patente europea es 10 veces más cara que una estadounidense que suele costar unos 1.850 euros. Para López Garrido, no tiene sentido que la UE dé la espalda a un mercado de alrededor de 450 millones de hispanohablantes que hay en todo el mundo. También ha protestado por que esta cuestión se tramite con “prisas”, cuando lo positivo sería una “patente para los 27 socios europeos”.

Si España no participa en el nuevo modelo, las patentes que se registren en su territorio deberán traducirse al castellano para ser validadas y abonar el coste de la traducción. Para que la nueva patente entre en vigor debe ser aún aprobada por el Consejo de la UE y por el Parlamento Europeo.



# El Gobierno, mediante ley, da luz verde al almacén geológico de CO<sub>2</sub>

Esta tecnología podría evitar en 2030 emisiones que representan, aproximadamente, el 15% de las reducciones exigidas en el ámbito de la UE para mitigar el cambio climático

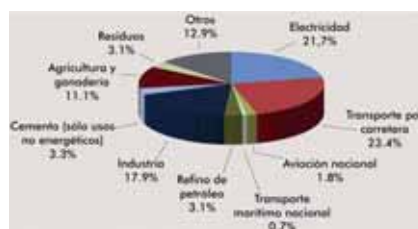
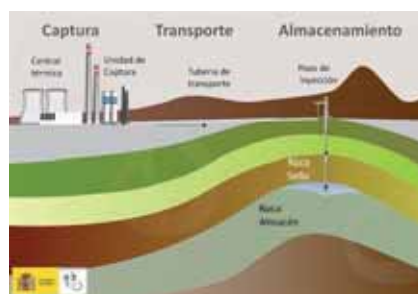
## Pura C. Roy

El Pleno del Congreso de los Diputados aprobó el pasado mes de diciembre la Ley de Almacenamiento Geológico de Dióxido de Carbono, que tiene por objeto incorporar al ordenamiento jurídico español las disposiciones contenidas en la directiva europea que regula esta tecnología, adaptándolas a la realidad industrial, geológica y energética de España y estableciendo una base jurídica para que se realice en condiciones seguras para el medio ambiente. Este almacenamiento consiste en captar el CO<sub>2</sub> emitido por las instalaciones industriales, transportarlo a un emplazamiento subterráneo y confinarlo de forma permanente.

La UE ha apostado por la captura y almacenamiento geológico de carbono como una tecnología de transición que contribuirá a mitigar el cambio climático. De acuerdo con los estudios efectuados para evaluar el impacto de la directiva, aplicar esta tecnología podría evitar, en 2030, emisiones que representan, aproximadamente, el 15% de las reducciones exigidas en el ámbito de la UE. En particular, esta tecnología hará posible que las centrales de generación que emplean combustibles fósiles, como el gas o, sobre todo, el carbón, puedan producir energía sin que sus emisiones de gases de efecto invernadero contribuyan al cambio climático, ya que éstas podrán ser captadas y almacenadas en estructuras geológicas estancas con carácter indefinido, por lo que será una tecnología clave para facilitar la transición hacia un modelo bajo en carbono.

En las disposiciones generales de la norma se establece que se aplicará en estructuras subterráneas en España, incluyendo su mar territorial, si bien en los supuestos de almacenamiento en el subsuelo marino deberá tenerse en cuenta la legislación nacional, comunitaria e internacional sobre la protección de los mares y océanos.

El almacenamiento de CO<sub>2</sub> requerirá la obtención de una concesión que tendrá una duración máxima de 30 años, prorrogable por dos periodos sucesivos de 10



Almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> (arriba).  
Emisiones de CO<sub>2</sub> en España. Fuente: CC OO

EL ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub> REQUERIRÁ LA OBTENCIÓN DE UNA CONCESIÓN QUE TENDRÁ UNA DURACIÓN MÁXIMA DE 30 AÑOS, PRORROGABLE POR DOS PERIODOS SUCESIVOS DE 10 AÑOS

años. La ley no se aplicará al almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> con fines científicos, desarrollo o experimentación, siempre que la capacidad prevista de almacenamiento sea inferior a 100 kilotoneladas.

## Permisos

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio será el encargado de otorgar los permisos de investigación cuando afecten al ámbito territorial de más de una comunidad o medio marino, adjudicar las concesiones de almacenamiento y revocarlas, a la vez que de garantizar que no se produzcan usos incompatibles.

Respecto al régimen sancionador, la ley considera infracción muy grave inyectar CO<sub>2</sub> sin contar con autorización administrativa, actividad que podrán ser multada con hasta cinco millones de euros. Entre las graves, con multas de hasta dos millones de euros, cita no adoptar las medidas correctoras pertinentes en caso de irregularidades significativas o fugas, llevar a cabo trabajos de investigación para almacenamiento de dióxido de carbono sin contar con un permiso de acuerdo a la ley o inyección de sustancias o residuos distintos a los incluidos en la norma.

## Derechos de emisión en Europa

Por su parte, la Comisión Europea ha propuesto unos nuevos niveles de referencia para la asignación gratuita de derechos de emisión a las industrias en riesgo de deslocalización. La idea inicial era que las instalaciones más eficientes obtendrían derechos gratuitos de emisión para el periodo 2013-2020 que compensasen las desventajas de la industria europea frente a la de países terceros.

Esta medida, que se incluía en la directiva europea para compensar el riesgo de deslocalización de algunos sectores sometidos a la competencia internacional, también afecta a la siderurgia, a la que la Unión Europea reconoce su vulnerabilidad frente a los competidores exteriores. La Unión de Empresas Siderúrgicas (Unesid) considera que la política europea y, en concreto, la asignación de derechos de emisión de CO<sub>2</sub> realizada por la Comisión Europea y los Estados miembros, "amenaza seriamente el futuro de la industria" del continente y eleva el "riesgo de deslocalización".

La asociación advierte, además, de que ni una sola instalación europea podrá disponer del 100% de derechos de emisión y considera que los niveles adoptados "suponen una violación del espíritu de la directiva, que conllevará importantes cargas unilaterales, exclusivamente para la industria europea y, a la postre, para los ciudadanos".

# Supermicroscopio electrónico para nanotecnología

**Titan Cubed 80-300 permitirá realizar caracterizaciones rápidas y precisas de estructuras semiconductoras. Entrará en funcionamiento este año para uso de empresas e investigadores**

Un grupo de científicos del Instituto de Física de la Academia Polaca de Ciencias ha completado las pruebas de Titan Cubed 80-300, un microscopio electrónico de transmisión de alta resolución. Esta herramienta permite realizar caracterizaciones rápidas y precisas de estructuras semiconductoras utilizadas en la producción de láseres y diodos, y pruebas más minuciosas en materiales con aplicaciones en espintrónica y nanotecnología. Su trabajo regular se iniciará en este año.

La transmisión de alta resolución de la microscopía electrónica es una técnica muy valiosa para estudiar a nanoescala ( $10^{-10}$  m) las propiedades de los materiales cristalinos como semiconductores y metales. En estas escalas pequeñas, los átomos individuales y los defectos de la estructura pueden ser reflejados, así como los objetos pequeños que no son capaces de ser vistos con el uso de la luz visible.

En lugar de un haz de luz, se usa un haz de electrones para iluminar la muestra. El microscopio está construido en forma de columna vertical y en la parte superior es donde se coloca el cañón de electrones; por debajo se encuentra el sistema de formación del haz electrónico compuesto por un monocromador y por lentes electrostáticas y electromagnéticas. Tras pasar por la muestra, el haz de electrones es transmitido a través del sistema de lentes que forman la imagen de una muestra ampliada millones de veces. La muestra investigada debe ser muy delgada (menos de 1 micrón), y para técnicas especiales se debe utilizar en su preparación un equipo adicional (un dispositivo para la molienda de iones para elaborar una muestra muy fina).

El microscopio está equipado con un espectrómetro, que permite formar imágenes holográficas y la investigación en nitrógeno líquido. La instalación cuenta con la



óptica electrónica de muy alta calidad, tensión de aceleración muy estable y detectores de imagen muy sensible. Estas cualidades son únicas del microscopio y permiten seguir los procesos de transformación en la muestra investigada, por ejemplo, cuando cambia su temperatura.



**LA TECNOLOGÍA CREA INNOVACIONES PARA IMPULSAR SU NEGOCIO.**

Del 4 al 8 de abril de 2011 · Hannover · Alemania

- Descubra las tendencias e innovaciones en los sectores de **componentes, tecnologías, sistemas, servicios y soluciones para la producción industrial**, así como en **infraestructuras y suministros industriales**.
- Su visita le proporcionará una visión global del mercado, especialmente de los sectores clave como **automatización, energía, tecnologías de suministro y producción, técnicas de tracción y de fluidos**, así como **investigación y desarrollo**.
- Encontrará más información sobre el evento tecnológico más importante del mundo en: **[hannovermesse.com](http://hannovermesse.com)**

GET NEW  
TECHNOLOGY FIRST





## >> Mejoras en la verificación del código embebido en los productos Polyspace

MathWorks ha anunciado mejoras en sus productos Polyspace de verificación de código embebido, que indican la ausencia de ciertos errores de tiempo de ejecución en el código fuente. El nuevo panel web de métricas de Polyspace, la programación automatizada de trabajos de verificación, la notificación mediante correo electrónico y el mayor soporte de métricas de código permiten a los ingenieros elegir y realizar el seguimiento de umbrales y métricas de calidad para el *software* embebido. Estas mejoras ayudan a los equipos de *software* a definir mejor los objetivos de calidad y a alcanzarlos con mayor rapidez en el caso de aplicaciones de alta integridad para diversos sectores (automoción, aeroespacial, defensa, automatización industrial y bienes de equipo).

El *software* embebido en aplicaciones cruciales debe cumplir objetivos de calidad específicos como parte de los imperativos reguladores o de procesos de verificación corporativos. Con el fin de que los equipos de *software* logren estos objetivos, los desarrolladores y directivos deben definir los objetivos de calidad, los criterios de evaluación y los umbrales de métricas asociados. El panel web de métricas de Polyspace ayuda a los desarrolladores de *software* a definir umbrales y métricas relevantes, como métricas de código, de MISRA-C y de errores de tiempo de ejecución. También ofrece la posibilidad de realizar un seguimiento del progreso de estas métricas a lo largo de todo el proceso de verificación y comparar las diferencias en cuanto a calidad en cada revisión de código.

Otro reto para el desarrollo de aplicaciones de alta integridad es que la puesta en práctica no sistemática de tareas de verificación puede llevar a fluctuaciones en la calidad del código. Polyspace ofrece ahora integración con sistemas de correo electrónico y procesos nocturnos, lo que contribuye a automatizar el proceso de verificación continua. Los ingenieros pueden reducir el trabajo repetitivo impuesto por las tareas de verificación manuales, lo que les permite centrarse en tareas de verificación de más alto nivel como la solución de problemas nuevos que surgen entre dos versiones del mismo código.

**MathWorks**

Internet: [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)



## >> La aplicación de Biztree Docs ya está disponible en las impresoras HP Business

La aplicación Biztree Docs ya está disponible para descargar en las impresoras HP Officejet Pro e-*Todo en Uno* y se espera que esté disponible este invierno en las impresoras HP LaserJet Pro CM1415fnw Color MFP. Los clientes tendrán ahora acceso a



una lista creciente de aplicaciones para imprimir, incluyendo documentos de Biztree Docs y se podrá imprimir, descargar y almacenar una amplia variedad de plantillas de documentos. La aplicación Biztree Docs facilita a las pequeñas empresas la impresión inmediata de documentos cruciales, ya sean facturas, contratos, recibos, acuerdos legales, listas de control o formularios.

La aplicación se encuentra disponible para los clientes de Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Francia, Italia, España, Australia, Canadá y Nueva Zelanda. La impresora necesita una conexión a Internet. Los servicios pueden requerir que se registre. La disponibilidad de aplicaciones varía según el país y requiere una actualización de *firmware*. Creada en 2001, Biztree desarrolla y comercializa programas de productividad para pequeñas y medianas empresas, así como para emprendedores independientes.

**Biztree**

Internet: [www.biztree.com](http://www.biztree.com)

## >> El controlador de máquinas Moog serie 600 es rápido, flexible y modular

Moog, firma especialista en sistemas de control de movimiento de altas prestaciones, ha presentado su último y avanzado controlador de máquina para muy diversas aplicaciones industriales. Especialmente concebidos para combinar flexibilidad con facilidad de uso en el control de alto nivel, los controladores de Moog de última generación son fáciles de configurar y presentan un diseño modular. El Moog Machine Controller incluye una CPU de alta velocidad de procesamiento, una completa gama de entradas y salidas digitales o analógicas de alta resolución, módulos para sensores y control de temperatura integrado, además de diversos módulos de comunicación con bus de campo. Para una mayor flexibilidad, se ofrecen varias HMI (interfaz persona-máquina), que pueden ser directamente accionadas por el controlador o ubicarse en una interfaz basada en PC separado. Todos los módulos están programados en el mismo entorno de programación, la Moog Application Software Suite.

El controlador funciona con un sistema operativo de tiempo real multitarea basado en Linux que ofrece tiempos de reacción rápidos y ejecución de tareas en alta frecuencia. La resolución de E/S analógica de 16 bits de muestreo rápido y una adquisición de sensor de 2 Mbit/s ofrecen la base para un control y posicionamiento extremadamente precisos.

El *software* Moog Application Software Suite utilizado en este sistema está basado en la última versión (3.4) de la probada herramienta de desarrollo CoDeSys. Cumple la norma IEC 61131-3 para lenguajes de programación e incorpora librerías, *plugins* y capacidades de programación adicionales creadas por los ingenieros de Moog e idóneas para aplicaciones industriales generales muy diversas, incluidas las máquinas de moldeo por inyección, moldeo por soplado, envase y embalaje y conformado de metales.

El diseño modular del controlador de máquinas de Moog significa que se puede configurar ajustándolo exactamente a la aplicación en cuestión. Para una mayor flexibilidad, se puede utili-

zar por igual en arquitecturas de control centralizadas y descentralizadas. Hay disponibles módulos especiales y librerías de *software* para soluciones específicas de los clientes (p. ej., controles de preformas en el moldeo por soplado, moldeo por inyección) y una librería de *software* completa de plantillas de aplicación fáciles de usar para simplificar la ejecución de aplicaciones secuenciales y controles específicos de usuario.

Una importante característica de este controlador es su capacidad para funcionar en la gama de temperaturas ampliada de -20 °C a +70 °C. Esto, combinado con la tecnología de bajo consumo y la robusta estructura de los módulos, hace que los nuevos controladores de máquinas de Moog sean ideales para entornos exigentes como la maquinaria industrial.

La serie 600 de controladores de máquinas de Moog sustituye a la actual serie M400, y ofrece una funcionalidad y una flexibilidad considerablemente mayores. Se puede utilizar para una serie de controles industriales generales, sobre todo cuando se especifica un tiempo de ciclo rápido, alta precisión y máxima flexibilidad. Diseñado como parte integral de la oferta actual de *software* y servocontroladores industriales de Moog, es compatible con la familia de productos eléctricos de la marca, incluidos controladores de movimiento, servoactuadores y servomotores, y con su extensa cartera de productos hidráulicos. Y cuenta en todo el mundo con el respaldo del equipo global de ingenieros de aplicación de Moog.

#### **Moog**

Correo-e: [mlgelin@moog.com](mailto:mlgelin@moog.com)

Internet: [www.moog.com/industrial](http://www.moog.com/industrial)

### **>> Nuevas calidades de plaquita para piezas HRSA de mecanizado de acabado**

Sandvik Coromant, especialista en sistemas de herramienta y herramientas de corte, amplía su gama CC6060 de calidades cerámicas de Sialon para dar soporte al torneado y fresado de las superaleaciones termorresistentes (HRSA). Las últimas incorporaciones al programa de productos incluyen plaquitas para mecanizado de acabado y semiacabado.

La calidad de Sialon de CC6060 se ha optimizado para obtener ventajas de productividad en lo que a piezas de diámetros mayores y longitudes de corte más largas se refiere. Gracias a su excelente resistencia al desgaste en entalla, esta calidad también proporciona confianza a la máquina con profundidades de corte mayores en comparación con calidades cerámicas similares, y es capaz de resistir mayores velocidades de avance.

Sialon es una mezcla de nitruro de silicio y óxido de aluminio que ofrece la mejor estabilidad química para reducir el desgaste en entalla en operaciones exigentes. Sandvik Coromant afirma que Sialon proporciona la capacidad de operar a velocidades de curo a seis veces superiores a las de plaquitas de metal duro convencionales.

La gama de plaquitas de acabado y semiacabado reciente-



mente ampliada es ideal sobre todo para mecanizado de materiales de desbaste como HRSA, principalmente en operaciones con grandes longitudes de corte, o perfiles o cavidades de fresado (laminado hacia el corte o fuera de él).

#### **Sandvik Coromant**

Internet: [www.sandvik.coromant.com/es](http://www.sandvik.coromant.com/es)

### **>> Detector de movimientos que alerta en tiempo real al móvil mediante un MMS**

Esta nueva cámara redefine el concepto de la cámara con sensor de movimientos y ofrece un instrumento de vigilancia de gran utilidad. Estanca y casi invisible gracias a los motivos camuflados, la Naturacam GSM se adapta a todas las condiciones y situaciones en exterior y en interior para ver sin ser visto. Esta inmejorable herramienta de observación y vigilancia compagina seguridad y fiabilidad tanto para profesionales como para particulares. El detector de movimientos activa instantáneamente el registro del vídeo o la foto y alerta en tiempo real con móvil mediante un MMS.

En el modo foto, cada detección produce una captura de entre una y tres fotos consecutivas con una definición de cinco megapíxeles. En el modo Vídeo + Sonido, cada detección inicia un vídeo cuya duración se puede parametrizar de 3 hasta 60 segundos. Esta cámara funciona durante varias semanas con un chip prepago y sin abono telefónico. Tiene un pantalla LCD de 1,7 pulgadas para visionar los archivos grabados in situ. La detección de movimientos puede efectuarse a hasta 20 metros de distancia y el láser integrado permite enfocar en una zona privilegiada.

La caja ABS antichoque y la cinta incluida ofrecen una gran variedad de colocación. Además, la Naturacam GSM se entrega con los cables USB y TV vídeo, un mando a distancia y el manual del usuario en castellano.

#### **Naturacam**

Internet: [www.camara-con-sensor-de-movimiento.es](http://www.camara-con-sensor-de-movimiento.es)

### **>> IBM ofrece a sus clientes nuevas soluciones de software especializadas para sectores**

IBM ha presentado tres nuevas plataformas tecnológicas y soluciones de *software* específicas para sectores. Estas soluciones industriales han sido diseñadas para ayudar a las empresas a mejorar su área comercial, de mercadotecnia y de relaciones con los clientes, a la vez que a reducir los costes y el tiempo que se precisa para lanzar nuevos productos y servicios al mercado.

Por otro lado, IBM ha creado una nueva plataforma tecnológica para la industria de alta tecnología y manufacturación. Se trata de la última incorporación a la gama de plataformas tecnológicas especializadas en sectores de IBM (*industry frameworks*). Esta plataforma cubre las industrias aeroespacial, de defensa, automoción y electrónica. IBM ha diseñado esta tecnología de tal manera que ayude a las empresas de estos sectores a lanzar sus productos al mercado más rápidamente y a establecer relaciones más estrechas con proveedores y socios de negocio y así lograr un diseño y distribución de productos más eficientes.

## CIENCIA

### Una investigación marca nuevas fronteras en el estudio de procesos electrónicos ultrarrápidos

El tiempo que tarda un electrón en viajar por una lámina ultradelgada de plomo sin sufrir una colisión con otros electrones depende del tamaño de la lámina. Ésta es una de las conclusiones a las que ha llegado un estudio publicado en el último número de la revista *PNAS* y en el que han colaborado investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Esta investigación aporta nuevos datos acerca los procesos físicos que aparecen en sistemas muy pequeños, en la escala del nanómetro, y en tiempos muy cortos, en la escala del attosegundo (la trillonésima parte de un segundo, es decir,  $10^{-18}$  segundos).

“La investigación muestra que algunas de las propiedades que aparecen en el contexto de los procesos ultrarrápidos en la nanoescala [la mil millonésima parte de un metro] son muy poco intuitivas”, explica Daniel Sánchez Portal, científico del Centro de Física de Materiales del CSIC. Ricardo Díez Muiño, otro de los investigadores participantes en el estudio y compañero de Sánchez Portal en el Centro de Física de Materiales señala: “Aumentar en una capa atómica el tamaño de una lámina ultradelgada de plomo puede reducir el tiempo de viaje de los electrones, las partículas de carga negativa que forman parte de los átomos, sin que choque con otros electrones, pero un aumento de dos capas.

### Electrónica molecular, una alternativa eficiente a la tecnología de los chips de silicio

Un estudio elaborado por un equipo de científicos internacionales en el que ha colaborado el Centro de Física de Materiales (centro mixto del CSIC y la Universidad del País Vasco) ha arrojado luz acerca de la formación de contactos eléctricos a escala atómica, una de las grandes incógnitas que aún existen en el campo de la nanotecnología. Los investigadores han demostrado que es posible determinar y controlar el número de átomos que existen en el contacto entre una molécula y un electrodo metálico de cobre al mismo tiempo que se registra la corriente que circula a través de esta unión. Este trabajo ha sido difundido en un artículo publicado en la revista *Nature Nanotechnology*.

El tamaño del sistema de circuitos es uno de los principales problemas para determinar la corriente eléctrica que puede pasar por ellos, especialmente en las uniones formadas por una sola molécula. “Se trata de un avance sustancial en electrónica molecular”, dice Andrés Arnau, del Centro de Física de Materiales, “cuyo objetivo es construir dispositivos electrónicos extremadamente pequeños que supongan una alternativa a los *chips* actuales, que se basan en la tecnología del silicio”.

La investigación publicada en *Nature Nanotechnology* ha constatado que se puede controlar con precisión la conducción cambiando de uno en uno el número de átomos que hacen contacto con la molécula. La explicación está en que, en el caso de un régimen de baja conducción, la corriente viene determinada por el área de contacto, mientras que en el de alta, son las propiedades de la molécula las que determinan la corriente.

Las plataformas industriales de IBM se componen de *software* de IBM integrado con *hardware* y productos de almacenamiento, así como con servicios de consultoría y tecnologías especializadas para cada sector de actividad económica. El resultado son unas plataformas que se adaptan a las necesidades concretas de cada sector y sobre las que se pueden desarrollar, incorporar y gestionar soluciones tecnológicas especializadas.

IBM ha podido crear estas plataformas a partir de su enorme experiencia con clientes y utilizando amplios recursos de investigación y desarrollo (I+D+i) y servicios de consultoría específicos y replicables.

La empresa también ha presentado una nueva solución de *software* (IBM Integration Information Core) que agrega información procedente de diferentes departamentos y sistemas de las empresas sin importar en qué parte del mundo se encuentren. Este *software* se incorpora a las plataformas tecnológicas sectoriales de IBM ya existentes. El principal beneficio de este *software* es que ofrece una vista única de toda esta información, de tal manera que toda la empresa pueda compartir los mismos datos. De este modo, se simplifica el acceso a la información procedente de las áreas de operaciones, información que, además, se puede conocer en tiempo real. Este *software* gestiona la enorme cantidad de datos que se genera a lo largo de una empresa procedente de sensores, productos o maquinaria. Con el acceso rápido a esta información, se pueden tomar decisiones más rápidamente respecto a posibles reducciones de costes o para evitar fallos o cortes en la cadena de producción.

Otro nuevo *software* monitoriza y prueba activos industriales. Localiza en tiempo real activos de las empresas como maquinaria, ordenadores y tecnología médica. Con esta tecnología, las empresas pueden saber en todo momento cuál es el estado y grado de utilización de sus equipos, de tal manera que puedan mejorar su productividad, reduciendo el tiempo empleado para localizar y gestionar estas herramientas tan importantes de las empresas.

IBM 91 397 6611

Correo-e: [sectores@es.ibm.com](mailto:sectores@es.ibm.com)

Internet: [www.ibm.com](http://www.ibm.com)

### >> Línea completa de las válvulas de contracción y microbombas de reciente diseño

Bio-Chem Fluidics presenta su línea completa de componentes para la manipulación de fluidos para equipos médicos y analíticos. La novedosa línea de la nueva generación de válvulas de contracción de Bio-Chem Fluidics cuenta con un cuerpo rediseñado de contornos suaves que permite la inserción y retirada más fácil de los tubos sin que se formen tropiezos. La nueva serie de la válvula de contracción 075 y 100 está disponible en 2 vías normalmente abiertas, 2 vías normalmente cerradas, 3 vías y en configuraciones de doble tubo.

Las microbombas operadas por solenoide de la empresa ofrecen un volumen de dispensación de fluido preciso, repetible y diferenciado desde 20 µl a 250 µl. Todas las piezas húmedas están





construidas a partir de materiales inertes no metálicos para eliminar cualquier amenaza de contaminación en la corriente del fluido. Bio-Chem Fluidics fabrica válvulas de contracción operadas por solenoide, inertes y de alta fiabilidad, válvulas de aislamiento, bombas dispensadoras y colectores para una amplia gama de industrias, entre las que se incluyen la industria química analítica y los fabricantes de dispositivos médicos y de diagnóstico clínico. El personal de diseño y los expertos en prototipos de Bio-Chem Fluidics pueden ofrecer tanto simples modificaciones de productos estándar como diseños totalmente personalizados.

#### **Bio-Chem Fluidics**

Correo-e: [sales.eu@biochemfluidics.com](mailto:sales.eu@biochemfluidics.com)

Internet: [www.biochemfluidics.com](http://www.biochemfluidics.com)

### **>> Mesas de corte estándar por láser de CO<sub>2</sub> con avanzados modelos matemáticos**

Por primera vez, la tecnología de corte por láser CO<sub>2</sub> se fabrica en España. Hasta el momento esta tecnología se importaba desde países como Alemania, Suiza e Italia y permite perforar y cortar metales con una precisión de 0,1 mm, en espesores comprendidos desde 0,1 mm hasta 25 mm. La empresa valenciana TCI Cutting, ha apostado por desarrollar esta tecnología motivada por la enorme ventaja que supone atender a sus futuros clientes desde sus instalaciones en Valencia. Para ello va a aprovechar la infraestructura actual, tanto comercial como de servicio posventa, que actualmente posee para las instalaciones de corte por agua que fabrica. Con este servicio posventa centralizado desde Valencia y valiéndose del equipo técnico nacional, esta empresa pretende abaratar dicha tecnología, hasta el punto de que sea alcanzable por la mayoría de talleres españoles que precisen el corte por láser.

Esta empresa, pionera en el corte por chorro de agua en España, ha incorporado tras años de investigación esta técnica de corte a través de la fabricación de su propio sistema de corte por láser TCI Power Line.

TCI Power Line puede procesar un tamaño de chapa de hasta 6.000 x 2.000 milímetros obteniendo una gran optimización en la perforación y corte, gracias a los avanzados modelos matemáticos que gestionan tanto la aceleración mecánica como los diferentes tipos de perforación. Asimismo, el manejo de máquina es sencillo gracias a la interfaz inteligente TCI HMI Expert que esta compañía ha desarrollado durante años, gestionando la máquina de manera automática en la mayoría de parámetros de programación. Todas estas cualidades dinámicas unidas a una excelente accesibilidad a la mesa de corte hacen que esta serie de máquinas presenten al fabricante español como referente en el mercado de máquinas de corte por láser y agua.

Su gran versatilidad hace que TCI Cutting esté presente en numerosos sectores empresariales, de entre los que destaca el aeronáutico, el náutico, el mecanizado, el azulejero, el de electro-



## **I+D**

### **El Centro Tecnológico AIDO desarrolla una pintura en polvo que se limpia con la luz del sol**

El Centro Tecnológico AIDO ha desarrollado una pintura en polvo que contiene nanopartículas fotocatalíticas que permiten su autolimpieza. La luz del sol y la humedad son requisitos necesarios para que la materia orgánica que hay depositada en la superficie pintada se oxide y descomponga, eliminándose así la suciedad acumulada. Este tipo de recubrimiento es idóneo para exteriores pues se limpia por sí mismo con ayuda de la luz solar y la humedad, minimizando las labores de mantenimiento de la pintura. Estos nanomateriales van a permitir obtener pinturas en polvo idóneas para exteriores tanto en superficies metálicas como plásticas –empleadas, por ejemplo, en el mobiliario urbano– capaces de limpiarse por sí mismas a través de la acción de la luz solar. El proyecto cuenta con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Los recubrimientos en polvo se han convertido en un producto altamente competitivo pues, a diferencia de las pinturas líquidas convencionales, no emiten ni durante su fabricación ni aplicación compuestos orgánicos volátiles, que al ser emitidos a la atmósfera pueden resultar nocivos para la salud y producir importantes perjuicios al medio ambiente. Este tipo de pinturas contribuye al desarrollo sostenible, pues al tratarse de un polvo a lo largo de todo el proceso –desde que su adquisición hasta que su aplicación–, no es necesario emplear ningún tipo de disolvente para diluirlo, evitando así la emisión de gases perjudiciales para los empleados que trabajan con el producto y respetando al máximo el medio ambiente.

### **Visión artificial para verificar dimensiones de piezas industriales con gran precisión**

Investigadores de la Universidad de Valladolid trabajan en este campo, en el que se alcanza una precisión por debajo de la centésima de milímetro. La inspección de productos industriales, el guiado de robots y el control del tráfico son sólo algunas de las aplicaciones de los sistemas de visión artificial. Eusebio de la Fuente, profesor del departamento, ha asegurado que la visión artificial posibilita el control de distancias, el número de estrías, radios y ángulos de una pieza industrial con gran precisión, ya que la medición se basa en sus características geométricas como son las rectas y los círculos. “Se pueden extraer las cotas de una pieza con gran precisión, lo que tiene mucha utilidad en empresas del sector del automóvil, en el que las especificaciones de las piezas son muy estrechas”, añade el investigador.

En cuanto al funcionamiento de estos sistemas, el profesor detalla que parten siempre de una representación digital. “Una cámara actúa como un ojo, el iris corresponde al diafragma, la retina al sensor y el cristalino a la lente, que permite alejar o acercar la cámara del objeto para conseguir un buen enfoque”, ha precisado. No obstante, frente a la visión humana, la artificial depende mucho de las condiciones lumínicas, puesto que no puede adaptarse “a los cambios como el ojo humano”. Por ello, su mayor uso se produce en el campo de la industria, donde puede determinarse una iluminación estable.

# MEDIO AMBIENTE

## Aprobado el nuevo estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear para mejorar su transparencia

El Consejo de Ministros ha aprobado el nuevo estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica en España. Una de las herramientas que recoge el nuevo marco legal es la figura del comité asesor, que hará recomendaciones al consejo para mejorar la transparencia, el acceso a la información y la participación pública.

Durante sus cinco títulos, el nuevo estatuto del consejo establece las competencias del organismo regulador, la estructura organizativa, el régimen de personal, la contratación y asistencia jurídica así como el régimen patrimonial, presupuestario y de control de la gestión económico-financiera y contable.

Las modificaciones más importantes efectuadas al estatuto del CSN son "el mayor desarrollo de su régimen jurídico, el fortalecimiento y garantía de su independencia efectiva, la sensibilidad en relación con los temas de protección del medio ambiente e institucionalización de los mecanismos necesarios para promover y potenciar la transparencia, la participación de la sociedad y el refuerzo del derecho de los ciudadanos a acceder a la información relevante en lo que concierne a la seguridad nuclear y la protección radiológica".

## Primer informe internacional de la Unesco sobre el estado de la ingeniería

La escasez de ingenieros supone un peligro para el desarrollo. Esta reducción de profesionales está poniendo en peligro las aportaciones de la ingeniería en materias como el cambio climático y la reducción de la pobreza en el mundo. Así lo refleja el primer informe internacional sobre el estado de la ingeniería, que acaba de publicar la Unesco, con el título *Ingeniería: temas, problemas y oportunidades para el desarrollo*.

Elaborado con las aportaciones de más de 120 especialistas en ingeniería del mundo entero, este informe tiene por objeto servir de plataforma de información para entender mejor el papel de la ingeniería, una actividad sumamente diversa y omnipresente que es un factor esencial del progreso de la humanidad desde la invención de la rueda.

En muchos países se observa una escasez de ingenieros considerable. En Alemania se da una grave penuria de ingenieros en muchos de sus sectores de producción, mientras que un estudio efectuado en Dinamarca muestra que, para el año 2020, el mercado de trabajo de este país registrará un déficit de 14.000 ingenieros. Aunque el número de estudiantes en especialidades de ingeniería haya aumentado en todo el mundo en cifras absolutas, los porcentajes de matriculados en ellas están disminuyendo con respecto a los observados en otras disciplinas de estudio. En Japón, Noruega, los Países Bajos y la República de Corea se han registrado desde finales del decenio de 1990 disminuciones del número de estudiantes de ingeniería que van del 5% al 10%.

domésticos, el de la automoción y el ferroviario. La tecnología láser se ha convertido en una técnica indispensable para cortar hierro e inoxidable con precisión, dejando la tecnología de corte por agua para el resto de materiales, aunque ambas tecnologías son totalmente complementarias en el campo de corte de precisión para todo tipo de materiales y espesores. Asimismo, el departamento de ingeniería de TCI Cutting estudia las necesidades concretas de cada cliente con el fin de desarrollar máquinas a medida, que se ajustan con la máxima precisión a sus necesidades específicas.

**TCI Cutting**

Internet: [www.tcticutting.com](http://www.tcticutting.com)

## >> K 2010, el tubo más grande de PVC-O de orientación molecular en el mundo

Molecor, empresa española especializada en tecnología y fabricación de productos de PVC-O para la canalización de agua, ha presentado su nuevo tubo de PVC-O de 500 mm, el cual, hasta la fecha, es uno de los más grandes fabricados en el mundo. Molecor también ha presentado la tecnología que hace posible la fabricación de tubería de PVC-O hasta un diámetro de 630 mm y que se encuentra en funcionamiento en su planta de Madrid. Además de por su tamaño, la tubería de PVC-O que fabrica Molecor se caracteriza por ser una conducción para el transporte de agua muy avanzada, gracias a un proceso de orientación molecular, orden y estiramiento del polímero que da como resultado una tubería de estructura laminar prácticamente indestructible y de enorme vida útil. El proceso de orientación molecular mejora de forma espectacular las propiedades físicas y mecánicas del PVC otorgándole unas características excepcionales. Se consigue así un plástico con unas insuperables cualidades de resistencia a la tracción y a la fatiga, flexibilidad y resistencia al impacto, manteniendo intactas sus propiedades químicas. Molecor diseña y adapta su sistema según las necesidades de cada cliente y la normativa vigente en cada país. Su capacidad para asumir compromisos con sus clientes y relaciones a largo plazo asegura la óptima implantación industrial de su tecnología.

**Molecor** 902 106 174

Correo-e: [canalizaciones@molecor.com](mailto:canalizaciones@molecor.com)

Internet: [www.molecor.com](http://www.molecor.com)



## >> Sensor de lecturas de niveles de fluidos no volátiles, precisas y constantes

El nuevo sensor de nivel de HydroPLuS de Diba Industries integra el control continuo de los niveles de fluidos no volátiles para aplicaciones clínicas y científicas. La tec-





nología del sensor de presión pendiente de patente de Diba proporciona lecturas de niveles de fluidos precisas y constantes.

HydroPLuS es compatible con cualquier forma de recipiente o material, y se instala internamente para proporcionar el control de los niveles de fluidos de forma ininterrumpida. El sensor no tiene piezas en movimiento para ofrecer la máxima fiabilidad. Está diseñado para funcionar tanto en aplicaciones al vacío como bajo presión. No se registra la lectura de la espuma como parte del nivel del fluido, y no hay necesidad de desconectar el sensor al llenar o vaciar el recipiente.

Diba, como parte del grupo multinacional de tecnología Halma, ofrece servicios personalizados de diseño y componentes para la manipulación de fluidos técnicos. La tecnología de Diba incluye conjuntos de tubos abocardados, sondas de dispensación de aspiración revestidas o forradas con sensores de nivel, calentadores en serie y tapones a medida para botellas de residuos y reagentes. Los servicios de Diba incluyen el desarrollo de sistemas de fluidos, prototipos, kits de mantenimiento preventivo y extrusión a medida.

**Diba**

Internet: [www.dibaind.com](http://www.dibaind.com)

## >> Aire comprimido seco, eficiente y fiable para las aplicaciones más exigentes

Atlas Copco ha introducido tres nuevas gamas de secadores de adsorción, diseñados para ofrecer la máxima eficiencia con unas reducidas caídas de presión y unos ciclos de secado retardados. Además, se garantiza un alto rendimiento y un punto de rocío a presión constante, incluso a plena carga, en cualquier condición. Los nuevos productos incluyen dos gamas de secadores de adsorción sin regeneración térmica: los CD 25<sup>+</sup>-145<sup>+</sup> y los CD 110<sup>+</sup>-300<sup>+</sup>. El diseño sencillo y su principio de funcionamiento garantizan la fiabilidad de estos secadores de adsorción compactos, incluso en condiciones difíciles. La tercera nueva gama incluye los secadores con regeneración por soplante BD 100<sup>+</sup>-300<sup>+</sup>, que ofrecen robustez y eficiencia energética. Utilizando aire ambiente calentado para la regeneración, esta gama de secadores mantiene unos costes de energía mínimos.



Un secador de adsorción protege su producción, sus equipos y la calidad del producto final empleando desecantes para adsorber la humedad del aire comprimido. Estas tres nuevas gamas de secadores de adsorción son adecuadas para las industrias y aplicaciones más exigentes, como la electrónica, alimentos y bebidas, productos farmacéuticos, petróleo y gas.

Las nuevas series CD<sup>+</sup>-BD<sup>+</sup> reducen el consumo de energía y la huella de carbono al minimizar las caídas de presión y optimizar el ciclo de regeneración.

El sensor de punto de rocío a presión mide la humedad que queda en el aire comprimido, detecta cuando la torre activa está completamente saturada y alterna las funciones de ambas torres

# techtexsil

Feria monográfica internacional para tejidos técnicos y materiales no tejidos



Indutech

pure innovation energy  
del 24 al 26-5-2011

¡Acuda al lugar de encuentro del sector: la feria internacional Techtextil en Frankfurt! Le esperan soluciones con textiles técnicos y materiales no tejidos de todo el mundo. Reúnase con personas con poder de decisión de alto nivel, establezca contactos duraderos e intercambie conocimientos con los expositores. Descubra en este encuentro soluciones específicas del sector, por ejemplo, para **aplicadores y elaboradores del sector de fabricación de maquinaria, industria química y de electricidad, así como para creadores, diseñadores y compradores procedentes de la industria y el comercio.**

Más información y entradas en  
[www.techtexsil.com](http://www.techtexsil.com)  
[info@spain.messefrankfurt.com](mailto:info@spain.messefrankfurt.com)  
Tel. 91 533 76 45

Benefíciase también de las sinergias con los certámenes que se celebrarán paralelamente:

**materialvision**

**texprocess** del 24 al 27-5-2011



messe frankfurt



en el momento óptimo. Gracias a la conmutación en función del punto de rocío, los ciclos de secado se retardan, con lo que se obtiene un ahorro energético de hasta el 90% comparado con los sistemas de conmutación más tradicionales.

Los secadores CD<sup>+</sup> usan una parte del aire seco para regenerar sus torres, mientras que los BD<sup>+</sup> emplean, principalmente, aire ambiente para secar su desecante. Como los CD<sup>+</sup> no usan aire ambiente y también son adecuados para condiciones peligrosas. Por otra parte, la tecnología de regeneración por soplante de los BD<sup>+</sup> permite reducir el tamaño tanto del secador de adsorción BD<sup>+</sup> como del compresor, comparado con una instalación similar de la gama CD<sup>+</sup>, con lo que se logran unos importantes ahorros energéticos.

**Atlas Copco**

Internet: [www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com)

## >> Red basada en microcontroladores que se comunican de forma similar a una red informática

Después de casi dos años de investigación y desarrollo, Nordyne ha presentado el iQ Zone, el primer sistema de zonificación que trabaja de forma integrada con las máquinas iQ Drive. Estos equipos se consideran lo más eficientes del mercado americano, ya que alcanzan una calificación de 24 SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio).



Para desarrollarlo ha contado con Airzone, el líder europeo de sistemas de zonificación. Airzone ha incorporado su tecnología de comunicación que permite controlar hasta ocho zonas y 32 compuertas en casas u oficinas. Nordyne tiene previsto que el 10% de sus equipos de climatización de bajo consumo incorporen sistemas de Airzone.

iQ Zone funciona de forma diferente de los sistemas tradicionales americanos. Se trata de una red de dispositivos basados en microcontroladores que se comunican entre sí de forma similar a una red informática. Esto proporciona comodidad en el hogar, aumenta el 12% la eficiencia energética, reduce el número de componentes y facilita la instalación.

Pero la apuesta de Airzone por el mercado americano no se limita a este acuerdo. Por ejemplo, ha creado un producto a medida del consumidor norteamericano, acostumbrado a adquirir soluciones *do-it-yourself* (hazlo tú mismo), One Zone, una solución que puede instalar el usuario fácilmente en la estancia donde desee controlar la temperatura.

La Corporación Empresarial Altra es una completa estructura compuesta por empresas españolas que crean tecnología para distintos sectores con más de 10 años de experiencia, ubicada en el PTA de Málaga y que se dedica a sistemas de zonificación inteligentes (Airzone), e-salud (Evita) y automatización inteligente (At Home). Altra viene apostando por Estados Unidos y, además, está presente en Europa y Oriente Medio.

Nordyne se dedica al diseño y fabricación de calefacción y refrigeración desde hace más de 90 años, basándose en la inno-

vación y el rendimiento del producto. La empresa recibió el prestigioso 2008 AHR Expo como producto del año.

**Nordyne**

Internet: <http://iqdrive.net/iqzone.html>

## >> Discos duros industriales de pequeño factor de forma con temperatura mejorada

Toshiba ha lanzado los discos duros de 2,5 pulgadas (6,4 cm) con temperatura mejorada diseñados para ofrecer soluciones de almacenamiento continuo en múltiples aplicaciones industriales. Los modelos SATA MK1060GSCX a 4.200 RPM y PATA MK8050GACY de 2,5 pulgadas (6,4 cm) a 4.200 RPM están destinados al uso informático e industrial en el que se precise resistencia y un funcionamiento permanente, así como a las aplicaciones con unas condiciones ambientales de funcionamiento más exigentes de las que suelen existir en un entorno de oficina.



Por ello, estos discos duros son idóneos para la integración de Serial-ATA o Parallel-ATA en aplicaciones en las que la fiabilidad de la tecnología de almacenamiento es fundamental, por ejemplo, en quioscos, señalización digital, dispositivos de seguridad y cajeros automáticos. Su diseño sólido y resistente a la temperatura también permite ofrecer un rendimiento constante en una amplia variedad de entornos industriales, incluidas las plantas de fabricación y procesamiento, en los que los dispositivos deben funcionar de manera continua sin la ayuda del control de temperatura.

Estos dos nuevos discos duros representan la estrategia de Toshiba encaminada a extender su tecnología de almacenamiento resistente a otros segmentos de mercado introduciendo, para ello, un intervalo de temperaturas de funcionamiento más amplio. Asimismo, estos dispositivos estarán disponibles por más tiempo como corresponde a los discos duros del sector de la automoción y a los ciclos de diseño y comercialización más largos que suelen requerir las aplicaciones para sistemas distintos del PC.

Los discos duros MK1060GSCX de 100 GB y MK8050GACY de 80 GB ofrecen el intervalo de temperatura más amplio para un funcionamiento permanente a baja potencia: entre -15 y 70 grados centígrados (superficie de la carcasa del disco). El MK1060GSCX soporta un intervalo de altitud de -300 a 5.650 metros para su funcionamiento. Por su parte, el intervalo de altitud del MK8050GACY es de -300 a 5.500 metros. Ambas unidades han sido optimizadas para tolerar niveles de vibración más altos que los modelos de discos duros para dispositivos portátiles estándar y cuentan con una capacidad de funcionamiento las 24 horas del día, los siete días de la semana a baja potencia. En la línea del compromiso de Toshiba con la reducción del impacto medioambiental, ambos discos duros cumplen con la normativa RoHS y MK1060GSCX está, además, libre de halógenos.

**Toshiba**

Internet: [www.storage.toshiba.eu](http://www.storage.toshiba.eu)

# El 'technium'

La búsqueda de significados no es nueva para los humanos. Los misterios, como las maravillas, nos rondan siempre los talones: cuando creemos que tenemos respuestas para algunos de ellos, nos aparecen otros. El más contemporáneo es el enigma de los mercados. Ya no estamos sujetos a los designios divinos, eso es poca cosa cuando nos tenemos que enfrentar a la deuda y al Ibex 35, los nuevos demonios del momento. Nos cuentan su funcionamiento pero no entendemos nada.

Nos cuesta creer que nuestro mundo se mueva solamente al ritmo que marcan los innumerables números que bailan en las pantallas de los ordenadores. La fe en un mundo mejor es lo único que nos queda y resistir para que no estrechen nuestro pensamiento, haciéndonos pensar que estas son las únicas preocupaciones en nuestras vidas. Danzad, danzad, malditos. Decía Lev Tolstoi en *Anna Karenina*: "No hay condiciones de vida a las que un hombre no pueda acostumbrarse, especialmente si ve que a su alrededor todos las aceptan". El dilema como siempre es saber qué aceptar y qué no.

Para minimizar tanta incertidumbre, variar el foco de esta situación claustrofóbica y no sentirnos como marionetas en una representación no elegida, es gratificante saber que algunas mentes buscan significados en el ciber mundo (ya que estamos también en él) y nos permiten repensar nuestras actividades como humanos e intentar ser críticos con el mundo que estamos construyendo.

Hace seis años, Kevin Kelly, cofundador de aquel fenómeno y revista-fetiché sobre ciencia y tecnología llamada *Wired*, comenzó un experimento. Subió a su sitio web [www.kk.org](http://www.kk.org), un post titulado *Mi búsqueda del significado de la tecnología*. Lo que comenzó siendo solamente bits en la red se ha convertido ahora en átomos en un libro publicado con el título *What Technology Wants*, editado

**"COMO YA NO PODEMOS VIVIR COMO ESPECIE SIN TECNOLOGÍA, LO ÚNICO QUE PODEMOS HACER ES CÓMO DECIDIMOS CONVIVIR CON ELLA. SI LA HACEMOS ABIERTA O NO, ESCALABLE O NO, FAVORABLE A LA DIVERSIDAD O NO SON ASPECTOS IMPORTANTES EN SU DESARROLLO", ARGUMENTA KEVIN KELLY**

por Viking/Penguin en octubre de 2010. Este proyecto, en su *blog* denominado *The Technium*, lo comenzó para darse explicaciones, intentar resolver algunas de sus propias contradicciones, lo que le llevaba a aceptar o no ciertas tecnologías. Él es consciente de que, "como ya no podemos vivir como especie sin tecnología, lo único que podemos hacer es cómo decidimos convivir con ella. Si la hacemos abierta o no, escalable o no, favorable a la diversidad o no son aspectos importantes en su desarrollo, aquéllos a los que debemos prestar atención".

De hecho, Kelly, autor también de los libros *Fuera de control: La nueva biología de máquinas, sistemas sociales y el mundo económico* (Addison Wesley, 1994) y *Nuevas reglas para la nueva*



CARDIEL

*economía* (Granica, 1999), se muestra en sus explicaciones conciliador y positivo entre el papel electrónico y el convencional: "La experiencia de tener un libro en las manos va a seguir. Es tan perfecta que no creo que sea reemplazada". Pero también cree que en poco tiempo todos los libros, artículos, periódicos y textos que existen en el mundo estarán en Internet y serán de libre acceso.

Para este pensador autodidacta, así se reconoce, el meollo de la cuestión es ésta: "Hace alrededor de 10.000 años, los humanos pasaron un punto de no retorno en el que su habilidad de modificar la biósfera superaba la habilidad del planeta de modificarnos a nosotros, los seres humanos. Ese punto de transición fue el comienzo del *technium*. Ahora, estamos pasando por un segundo momento de transición en el cual la habilidad del *technium* de modificarnos excede nuestra habilidad de modificar el *technium*".

La contradicción puede ser muy fructífera, está en el interior de la dialéctica como forma de comprensión. Solamente oyendo todas las partes y sus diferencias se pueda encontrar alguna salida, por ejemplo, al virulento debate en España qué es la *ley Sínde* y las polémicas descargas. Amador Fernández-Savater, editor que publica habitualmente con licencias Creative Commons y persona implicada desde hace años en los movimientos *copyleft/cultura libre*, en un esclarecedor artículo que ha publicado en su *blog* y que el periódico *El País* ha reproducido, expresa que no es el miedo al futuro la mejor arma para combatir los posibles desajustes y sus consecuencias negativas. La novedad hay que pensarla. Fernández-Savater opina: "lo más valioso del movimiento por una cultura libre no es que proponga soluciones (aunque se están experimentando muchas, como Creative Commons), sino que plantea unas nuevas bases en las que algunas buenas respuestas pueden llegar a tener lugar. Me refiero a un cambio en las ideas, otro marco de interpretación de la realidad. Una revolución mental que nos saque del callejón sin salida, otro cerebro".

Con Kevin Kelly, no hay problemas, él predica con el ejemplo. Todo su trabajo está abierto en su *web* y piensa que "como todos los procesos biológicos los tiempos son milenarios y que estamos al principio de ese todo conectado en una gran red interdependiente". Muchas preguntas aparecerán, pero también sabremos darles respuestas, eso sí, mejor con libertad que con represión.

# Microalgas, el petróleo verde

La creciente preocupación por la salud del planeta, la escalada de los precios del petróleo y la polémica sobre la responsabilidad de los biocombustibles obtenidos a partir de cultivos agrícolas en la deforestación y encarecimiento de los alimentos han lanzado a científicos de medio mundo a buscar nuevas materias primas capaces de sustituir los combustibles fósiles. Entre ellas, destaca el aceite de cultivos de microalgas, una opción que en la mayoría de los casos aún se encuentra en los laboratorios pero que en unos años podría convertirse en el nuevo oro verde.

## Manuel C. Rubio

No hace mucho, los biocarburantes se perfilaban como la gran promesa de las energías limpias y una posible solución a la dependencia del petróleo. A principios de esta década, Europa se fijó ambiciosos objetivos en esta materia y España prometió situarse en la vanguardia. Y lo cumplió. En los últimos cuatro años multiplicó su número de plantas por siete y fue el país de la UE que más incrementó su capacidad de producir biodiésel durante 2009. Fue un esfuerzo inversor cifrado por el sector en más de 600 millones de euros que contribuyó a superar con nota la primera fase: introducir hasta el 5% de combustible de origen vegetal en la gasolina que consumen todos los coches.

Pero desde entonces, cuando el uso de mezclas cada vez más verdes parecía estar a la vuelta de la esquina, da la impresión de que fabricantes y Gobiernos han decidido cambiar el paso y hacer del coche eléctrico la gran apuesta de la automoción en Europa, aparcando los biocarburantes, aunque sea temporalmente, en la carrera de la energía sostenible. Esta decisión ahora trae de cabeza a la industria española, ya de por sí muy castigada por las masivas importaciones de biodiésel procedente de EE UU y Argentina, que de un tiempo a esta parte debe hacer frente a la controversia sobre la responsabilidad de estos carburantes obtenidos a partir de cultivos agrícolas –colza, soja, maíz, caña de azúcar y palma– en la deforestación y encarecimiento de los alimentos.

Sea por esta polémica, sea por la escalada de los precios del petróleo, por la inseguridad en el suministro que este combustible fósil plantea y las elevadas emisiones de CO<sub>2</sub> que genera o, simplemente, porque nadie sabe cuál será la fuente energética que triunfará en los próximos años, lo cierto es que científicos e investigadores de medio mundo se han lanzado a la búsqueda de nuevas materias

primas que no compitan con la industria alimentaria. Son los biocombustibles de segunda generación, experiencias que en la mayoría de los casos aún no han salido de los laboratorios pero que se presentan como una de las posibilidades con más futuro para sustituir al petróleo.

En este grupo se incluyen las microalgas, microscópicos organismos sin hojas, raíces ni tallos que para muchos expertos representan la mejor opción para combatir el efecto invernadero y obtener energía renovable en forma de biocarburantes líquidos.

Aunque la idea de utilizar algas como combustible ecológico no es nueva –algunos emprendedores pioneros, sobre todo de EE UU, ya intentaron poner en marcha proyectos de este tipo durante la crisis petrolífera de la década de 1970, aunque con escasos resultados–, no ha sido hasta hace poco cuando realmente se ha disparado el interés por las algas como fuente energética. Hoy, con más de un centenar de experiencias y proyectos repartidos por todo el planeta, pocos dudan ya de que la producción de biocombustibles a partir del aceite de cultivos de microalgas llegará a ser más pronto que tarde una realidad en plantas industriales.

## Ventajas

Al menos eso parece si nos atenemos a las muchas ventajas que apuntan sus defensores. En primer lugar, destacan que las microalgas multiplican por 10 los rendimientos de los cultivos terrestres convencionales utilizados en la actualidad para producir biocombustibles; una mayor productividad que, en función de la especie de alga y de la eficiencia del sistema, algunos expertos señalan que podría ser incluso de entre 30 y 250 veces superior a la del cultivo de soja, por ejemplo.

En segundo lugar, estos microorganismos no requieren de terrenos fértiles, con lo que no interferirían en la producción alimenticia, ni exposición total a la luz solar,

ni agua de buena calidad ni pesticidas para crecer, algo que, por otro lado, hacen muy rápido.

Además, el biodiésel procedente de las algas no es tóxico (no contiene sulfuros ni sulfatos), es muy biodegradable, se integra fácilmente en los actuales sistemas energéticos y es un recurso renovable.

Pero, sobre todo, las microalgas capturan CO<sub>2</sub> de la atmósfera (se estima que 100 toneladas de microalgas cultivadas absorben 180 toneladas de dióxido de carbono al año) o directamente de otras fuentes de emisión, como centrales térmicas y cementeras, con lo que, en este caso, consiguen, además, matar dos pájaros de un tiro al convertir un problema ambiental de primera magnitud en materia prima para la producción de combustible.

## Desafíos

Sin embargo, las microalgas como biomasa alternativa para la producción de biocombustibles o la generación de energía primaria todavía deben hacer frente antes a algunos desafíos, tal como se puso de relieve en el Congreso Internacional de Obtención de Biomasa y Producción de Biocombustibles a partir de Algas celebrado hace dos años en Alicante.

El primero de estos retos es encontrar la especie de microalga más adecuada y eficiente para la producción de aceite, una elección que, en principio, no parece demasiado fácil si tenemos en cuenta que se han tipificado más de 65.000 variedades diferentes de estos organismos –algunos expertos hablan incluso de más de 100.000 especies– y que la finalmente elegida debe adaptarse perfectamente al área geográfica, y no a otra, en la que se implante el proyecto.

Además, muchos investigadores prefieren mantener en secreto los avances o descubrimientos conseguidos en este terreno. Esta reserva, por otra parte, resulta comprensible si damos por buena la importancia económica que el sector bioenergético





LAS MICROALGAS  
REPRESENTAN PARA  
MUCHOS EXPERTOS  
LA MEJOR OPCIÓN PARA  
COMBATIR EL EFECTO  
INVERNADERO Y OBTENER  
ENERGÍA RENOVABLE EN  
FORMA DE BIOCARBURANTES  
LÍQUIDOS

puede alcanzar de cumplirse las previsiones más optimistas, que anuncian que una superficie de producción del tamaño de la isla de Mallorca podría cubrir la actual demanda mundial de petróleo.

Igualmente, los científicos no tienen todavía muy claro cuál es la manera más adecuada de trasladar los esperanzadores resultados de los estudios a escalas de producción industrial. Así, y aunque el cultivo en fotobiorreactores –sistemas cerrados que permiten el control y monitoreo de los distintos factores de crecimiento– parece la solución más adoptada, no es la opción de todos, y también se estudian otras alternativas como el cultivo en océanos o en tierra a cielo abierto o en invernaderos.

La culpa o, si se prefiere, la razón de que los investigadores todavía no se pongan de acuerdo sobre cuál puede ser el mejor método descansa fundamentalmente en el hecho de que la simple entrada de algún organismo extraño en el cultivo de microalgas puede causar modificaciones graves que lo echen a perder. En este sentido, los expertos coinciden en que los estanques abiertos son más económicos que los controlados, pero tienen más riesgos de resultar alterados por algún elemento extraño. Por eso, no resulta raro que proliferen experiencias más o menos llamativas como alternativa a estos sistemas, como la propuesta de un ingeniero minero de la Universidad de Missouri-Rolla, que está cultivando microalgas en una mina experimental de este centro universitario, porque cree que el control que ofrece este ambiente cerrado presenta más ventajas que el inconveniente de perder la luz solar directa.

Con todo, un reciente informe del Instituto de Biociencias de la Energía (EBI) de Berkeley, California, destacaba que el problema al que se enfrenta el cultivo masivo de algas no es sólo el dar o disponer, en caso de que ya se cuente con ella, con la tecnología más adecuada. Así, este instituto financiado por la compañía British Petroleum señalaba que para que la producción

de biocombustible a partir de algas sea viable a un coste competitivo se necesita contar al mismo tiempo con cuatro recursos vitales: el clima ideal (España goza en este punto de unas óptimas condiciones), agua, tierra firme y dióxido de carbono.

Por su parte, otro estudio realizado por la agencia gubernamental británica Global Watch ahondaba en que una de las grandes dificultades de trabajar con algas es su alto contenido en agua, lo que conlleva problemas en su manipulación, extracción de su contenido útil y transporte.

Precisamente, el agua es el principal escollo al que se enfrenta un equipo científico de la Fundación Carboneo del Reino Unido, que se ha propuesto desarrollar antes de 2030 un sistema para el cultivo y el procesamiento anual de 70.000 millones de litros de biocombustible a base de algas de un modo eficaz y sostenible.

Según el director de este proyecto, valorado en unos 9,5 millones de euros y en el que colaboran investigadores de varias universidades británicas, el problema con las algas es el increíble exceso de agua que existe en una cantidad tan pequeña, lo que, al menos hasta ahora, obliga a emplear muchísima energía en evaporar el agua y llegar al aceite de la planta, hasta el punto de poner en tela de juicio si no es mayor la energía que se usa en la extracción del aceite que la que se consigue ahorrar con el consumo del biocombustible. Por eso, este proyecto se afana en encontrar métodos para la obtención y la conversión del aceite en combustible sin necesidad de extraer el agua.

Por si todo esto no fuera suficiente, el informe de la Global Watch incidía en que el lugar idóneo para garantizar el crecimiento de estos organismos es otro de los elementos que ocupa y también preocupa y mucho a los especialistas. Las algas se comportan como pequeñas biosferas en las que si se modifica un elemento se alteran sus condiciones iniciales. Por ejemplo, si se multiplican demasiado rápido, pueden acabar muriendo al agotar su sustento.

Igualmente, los defensores de los avances en biotecnología confían en que podrían desarrollarse algas a la carta o mezclar especies naturales, lo que permitiría facilitar su cultivo y aumentar su rendimiento. Asimismo, no faltan tampoco quienes opinan que las investigaciones genéticas podrían ayudar a conocer mejor los sistemas de producción de aceite en las algas.

En esta búsqueda constante por dar con la fórmula ideal, algunos expertos se decantan por profundizar en sistemas de producción de biocombustibles a partir de algas combinados con el tratamiento de aguas

residuales, ya que entienden que, de este modo, se podría ayudar a recortar costes y acelerar el desarrollo de un proceso práctico. En este sentido, explican que el uso de aguas residuales en la producción de algas proporcionaría el agua y los nutrientes necesarios, pero también una fuente potencial de ingresos gracias al servicio de depuración que ofrecería.

Queda claro, en cualquier caso, y así lo concluyen la mayoría de científicos, que la producción de aceite de algas no será rápida ni abundante a corto plazo. Según los expertos, 10 años es un lapso de tiempo razonable para avanzar en la investigación, el desarrollo y la demostración de esta fuente de energía y llegar a la conclusión de si los carburantes a partir de microalgas son viables y competitivos.

EL BIODIÉSEL PROCEDENTE  
DE LAS MICROALGAS NO  
RESULTA TÓXICO, ES MUY  
BIODEGRADABLE, SE  
INTEGRA FÁCILMENTE EN  
LOS ACTUALES SISTEMAS  
ENERGÉTICOS Y ES  
UN RECURSO RENOVABLE

### Tecnología soñada o historia de ensueño

Pero para saber si el combustible de algas es la tecnología soñada o sólo una historia de ensueño, antes hace falta poner proyectos en marcha. Eso es, precisamente, lo que han hecho en nuestro país Repsol e Iberdrola. Desde este año, la petrolera y la eléctrica están unidas por las microalgas, los organismos más eficientes en la conversión de energía solar que existen, y que en su opinión representan el futuro de los biocombustibles. No es sólo que ambas compañías hayan creado divisiones específicas dedicadas a su desarrollo, sino que han decidido dar un paso adelante y embarcarse en proyectos conjuntos.

Así, Repsol, que fomenta la investigación con microalgas al menos desde hace cuatro años, cuando impulsó el proyecto PIIBE (Proyecto de Investigación para el Impulso del Biodiésel en España), se va a encontrar ahora con Iberdrola en otro proyecto. El PIIBE estaba encuadrado en el programa CENIT (Consortios Estratégicos Nacionales de Investigación Tecnológica) del Ministerio de Ciencia e

Innovación, el mismo programa que hace unos meses aprobó, en su sexta convocatoria correspondiente a 2010, otro liderado por Iberdrola y denominado Investigación en Tecnologías Avanzadas para la Valorización Integral de Algas, más conocido por las siglas de sus últimas palabras, Vida.

Repsol se suma así a otras 15 empresas que, comandadas por Iberdrola Ingeniería y Construcción (Iberinco), llevarán

a cabo este proyecto de aquí a 2013. Además de estas compañías, la mayoría de ellas pequeñas pero tecnológicamente punteras, como AlgaEnergy, 25 centros de investigación de 10 comunidades autónomas participan en una iniciativa que cuenta con una inversión de 20 millones de euros. El objetivo es generar y crear el conocimiento y las tecnologías necesarias para la valorización y el aprovechamiento

integral y sostenible de las algas, entre ellos los destinados a producir energía.

Los trabajos que llevará a cabo Iberinco dentro de Vida incluyen tareas de selección, cultivo y valorización de las microalgas, además de otras actuaciones centradas en la captura de CO<sub>2</sub> y la producción de biocarburantes.

Endesa, por su parte, inició en febrero pasado la instalación de una planta de ensayos para el cultivo de microalgas que utilizará CO<sub>2</sub> de los gases reales de combustión de la central térmica de Carboneras (Almería), un proyecto que destacan como único en Europa. El cultivo, que utilizará la tecnología que se gestó en otro proyecto del Cenit lanzado en 2006, tendrá una extensión de 1.000 metros cuadrados y según sus promotores podría llegar a capturar hasta 110 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Asimismo, otras dos empresas españolas, la cántabra Rebiooil y la vitoriana Bioquest Carburante, crearon en julio de 2009 Albiooil, un proyecto empresarial que prevé la construcción de varios estanques de producción de microalgas en la bahía de Cádiz, aprovechando para ello antiguas instalaciones salineras.

A este esfuerzo nacional poco a poco se van sumando otras iniciativas que, tras años de estudios sobre el potencial del cultivo masivo de microalgas, han decidido corroborar o reforzar sus líneas de investigación abiertas para la producción de biocarburantes a partir de estos organismos. Es el caso de Tecnalia, que lleva más de tres años dedicados a trabajos de selección de estirpes (con elevado contenido en aceites), de optimización de sistemas de cultivo (fotobiorreactores abiertos, cerrados y mixtos) y de estudio de diferentes variables de operación, cosechado y tratamiento final para su conversión en productos energéticos, así como de otros aspectos sinérgicos del proceso, como son la captación de CO<sub>2</sub> como nutriente de las algas, la utilización de efluentes industriales salinos y la valorización de los subproductos.

Pero como recuerdan desde este centro asentado en el Parque Tecnológico de Bizkaia, la rentabilidad comercial del proceso se mantiene aún como el principal caballo de batalla para que las microalgas representen el futuro de los biocombustibles.

Si finalmente se consigue, los coches movidos por algas podrían no ser tan raros dentro de unos cuantos años y las plantas de estos organismos parte habitual de nuestros paisajes. ¿Serán algún día las microalgas una fuente de petróleo verde? El tiempo lo dirá.

## Los intereses de las algas en el mundo

Florenia fue la ciudad elegida para presentar en sociedad el 4 de junio del pasado año la Asociación Europea de la Biomasa de Algas (EABA, en sus siglas en inglés), un paso más en la integración de la ciencia y la industria con el objetivo de obtener un aprovechamiento comercial a partir de la biomasa de estos organismos acuáticos.

Junto con representantes de empresas y organismos de investigación, a la postre los verdaderos protagonistas de esta presentación, el acto contó la presencia de destacados miembros de la Comisión Europea, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y del Consejo Europeo de Biodiésel, que de este modo quisieron expresar su respaldo a este proyecto dirigido a fomentar el uso energético de las algas.

España no ha sido ajena a este pistoletazo de salida de la EABA, ya que entre los más de sus 65 miembros actuales se encuentran empresas como Repsol, Biocarburantes Bahía de Santander, Algasol Renewables, Bio-Oils Energy e Infinita Renovables; centros tecnológicos como el de Biotecnología Marina de la Universidad de Las Palmas; las fundaciones Gaiker y Leia CDT; el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis de la Universidad de Sevilla y el CSIC, Inasmet-Tecnalia y la Universidad de Almería, e investigadores a título particular, como Herminia Rodríguez, de la Universidad de Sevilla.

Consolidar el paso de la investigación en el terreno de las algas a la comercialización de los productos derivados del tratamiento de su biomasa es uno de los objetivos prioritarios de la EABA. Pero no sólo las sinergias entre ciencia e industria son importantes para la nueva asociación; también lo es la cooperación con los encargados de adoptar decisiones para la promoción del desarrollo y la inversión en investigación y tecnología.

Para la EABA, las algas y otros organismos acuáticos son uno de los más prometedores recursos renovables, con aplicaciones muy diversas (biocarburantes, nutrientes, productos farmacéuticos, alimentos para animales) y con un potencial de reducción de emisiones de carbono muy importante. Pero también son conscientes de la dificultad de establecer un calendario que haga factible el paso mencionado del laboratorio a la producción comercial.

Así, mientras algunos de sus miembros ya han expresado que están preparados para aplicar las tecnologías a gran escala en un corto plazo, otros se muestran más prudentes y prefieren hablar incluso del largo plazo, sin establecer fechas concretas. Por este motivo, reconocen el esfuerzo que todavía hay que hacer para superar todos los problemas técnicos y económicos que pueden afectar al sector, así como los posibles efectos en el medio ambiente durante la producción y uso de las algas.

El trabajo de esta asociación europea en apoyo de la industria se viene a sumar así al que ya realiza desde años antes la Organización de Biomasa de Algas (ABO, en sus siglas en inglés), una asociación con sede en Preston (Minnesota, EE UU) centrada en facilitar la comercialización y el desarrollo del mercado de la biomasa de microalgas específicamente para la producción de biocombustibles y la reducción de los gases de efecto invernadero.

La ABO es, precisamente, la encargada de organizar la V Cumbre Anual de la Biomasa de Algas, que se celebrará del 25 al 27 de octubre de 2011 en la ciudad estadounidense de Minneápolis.



# Enrique Espí Guzmán

Consultor en bioenergía del Centro de Tecnología de Repsol

## “España puede tener un papel clave en el desarrollo industrial del cultivo de algas”

### Ana P. Fraile

Uno de los mayores retos de nuestra sociedad es encontrar soluciones energéticas eficientes y sostenibles que nos permitan continuar disfrutando del nivel de vida alcanzado en este planeta, al que se ha dañado gravemente por el indiscriminado uso de los combustibles fósiles. Repsol, una de las mayores petroleras del mundo, invirtió el pasado año 65 millones de euros en las actividades de I+D+i llevadas a cabo desde sus centros tecnológicos. En estos días, la compañía presenta la producción de biocombustibles de segunda generación, obtenidos a partir de microalgas y otros cultivos no aptos para la alimentación, como una respuesta de futuro que puede contribuir a garantizar la seguridad de suministro energético y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Una de las personas que investiga en este campo es Enrique Espí Guzmán, consultor en bioenergía del Centro Tecnológico de Repsol, quien habla de las posibilidades económicas que este nuevo desarrollo científico y tecnológico ofrece a la industria de nuestro país.

**En estos días Repsol anuncia un biocombustible obtenido a partir del cultivo de microalgas que, dependiendo de las fuentes consultadas, se califica de segunda o tercera generación. ¿Qué ha ocurrido con los biocombustibles de primera generación? ¿Han pasado a la historia?**

Los biocombustibles de primera generación ya son una realidad industrial y comercial y, tanto el etanol obtenido a partir de azúcar o de almidón (cereales) como el biodiésel obtenido de oleaginosas alimentarias (palma, soja, etcétera) se incorporan a los combustibles fósiles en porcentajes crecientes. Sin embargo, la competencia de estos biocombustibles de primera generación con los usos alimentarios de estos cultivos hace que se estén dedicando importantes recursos al desarrollo de los

de segunda (etanol lignocelulósico, biodiésel de oleaginosas no alimentarias, como la jatrofa) y tercera generación (nuevas materias primas, como las algas).

**¿Podría explicar el proceso que permite obtener combustible a partir de las algas?**

No existe una única ruta para obtener biocombustibles a partir de las algas. Como muy bien explica el Departamento de Energía americano en su documento *National Algal Biofuels Technology Roadmap*, existen múltiples opciones, dependiendo del tipo de alga cultivada (cianobacterias, microalgas verdes o macroalgas), del producto intermedio utilizado (la biomasa completa o bien los extractos lípidos o carbohidratos), el proceso de conversión (bioquímico o termoquímico: transesterificación, hidrogenación, gasificación, etcétera) y del combustible final que se quiera obtener (etanol u otros alcoholes, biodiésel, bioqueroseno, biogás, biohidrógeno). En todos los casos, lo que se quiere aprovechar de las algas es su gran potencial como productores primarios de biomasa sin necesidad de utilizar suelo fértil, agua de buena calidad, ni fertilizantes sintéticos y capturando CO<sub>2</sub> industrial, todo ello sin competir con los usos alimentarios, sino complementándolos. En Repsol estamos priorizando la ruta de utilización de los lípidos de microalgas para obtención de biodiésel o bioqueroseno, pero sin descartar ninguna de las otras rutas.

**La explotación masiva de algas no interfiere en la producción alimenticia, como ha ocurrido con algunos biocombustibles, pero ¿cuál es su comportamiento desde el punto de vista de eficiencia energética y su contribución a la sostenibilidad y al logro de los objetivos ambientales globales?**

A día de hoy el cultivo de algas y las demás etapas que llevan a la producción de un

biocombustible (cosechado, secado y extracción) no están optimizados, por lo que los equilibrios de energía y de gases de efecto de invernadero de la cadena de valor son positivos, pero no todo lo deseable. Actualmente, se está trabajando en reducir las necesidades de energía primaria en toda las etapas, así como en la utilización de CO<sub>2</sub> industrial sin purificar y de nutrientes obtenidos a partir de aguas residuales para el proceso de cultivo. Con estas mejoras, esperamos que en poco tiempo las algas puedan contribuir de forma significativa a la consecución de los objetivos ambientales y de sostenibilidad.

“LO QUE SE QUIERE APROVECHAR DE LAS ALGAS ES SU POTENCIAL COMO PRODUCTORES PRIMARIOS DE BIOMASA SIN COMPETIR CON LOS USOS ALIMENTARIOS”

**¿Qué lleva a una empresa como Repsol, líder en el suministro de energía para el transporte, a investigar en el desarrollo de carburantes alternativos? ¿Es rentable el coste económico que comporta la producción de este nuevo biocombustible?**

Los carburantes alternativos, y especialmente los de origen renovable, encajan perfectamente con la estrategia de la compañía de promover, impulsar y dar sentido de negocio a nuevas iniciativas que contribuyan a la visión de un futuro de la energía más diversificado y menos intensivo en emisiones de CO<sub>2</sub>, como lo demuestra la creación en 2010 de la Unidad de Negocio de Nuevas Energías, con el objetivo de hacer compatible la sostenibilidad con la rentabilidad económica.

**Una de las campañas publicitarias de Repsol califica la capacidad de imaginar como el mayor recurso natural. ¿Qué grado de desarrollo habrán alcanzado los biocombustibles en el futuro en cuanto a lograr reducir el consumo de los productos petrolíferos?**

No es previsible que a corto plazo los biocombustibles sustituyan o desplacen de forma drástica a los combustibles fósiles, pero, sin duda, contribuirán, junto con los avances en eficiencia energética y otros vectores energéticos, como la electrificación del transporte, a alcanzar los objetivos de sostenibilidad que nos hemos marcado.

**¿Podríamos estar ante un sector clave para el desarrollo económico y la creación de empleo en nuestro país?**

España está bien posicionada por su situación geográfica, climatología, estabilidad y desarrollo de sus sectores agrícola, biotecnológico y de energía para el transporte, y tiene buenas bazas para desempeñar un papel clave en el posible desarrollo industrial del cultivo de algas para diversas aplicaciones, no sólo energéticas.

**¿Qué zonas de España son susceptibles de albergar cultivos de microalgas?**

Las primeras candidatas son lógicamente las que presentan las mejores condiciones climáticas (radiación solar, temperatura), con disponibilidad de suelo horizontal no apto para cultivos y de agua salina, salobre o de depuradora. Por ello, la mayor parte de los proyectos piloto que se están desarrollando en España se ubican en Canarias, Cádiz y Almería. Repsol tiene previsto instalar una planta piloto de cultivo de algas junto a su refinería de Tarragona.

**A finales de los setenta ya se investigó esta posibilidad en Estados Unidos. ¿Qué han descubierto los científicos del Centro Tecnológico de Repsol que ahora haga pensar que este proyecto es viable?**

Efectivamente, en Estados Unidos se desarrolló entre 1978 y 1996 el Aquatic Species Program, que estudió la obtención de biocombustibles, principalmente hidrógeno y biodiésel, a partir de algas. Tras la finalización del programa, se perdió el interés por el tema durante unos años hasta que a mediados de la década pasada la subida del precio del petróleo, la preocupación por el cambio climático y el aseguramiento del suministro energético lo impulsó de nuevo. En los últimos años, no



Enrique Espí Guzmán.

sólo Repsol, sino muchas otras compañías y organismos de investigación están trabajando en el tema, de forma individual o a través de organizaciones como la Algal Biomass Organization, la European Algae Biomass Association o, en el ámbito nacional, el grupo de algas de la Plataforma Española de la Biomasa (Bioplat).

**La investigación y el desarrollo de este nuevo combustible se enmarca dentro de los proyectos promovidos por el Gobierno español Cenit PIIBE y Cenit Sost CO<sub>2</sub>. ¿Con qué objetivos?**

El objetivo de Repsol en el proyecto Cenit PIIBE, ya finalizado, era el estudio de las microalgas como materia prima para obtener biodiésel a partir de sus lípidos. Nuestro objetivo en el Cenit Sost-CO<sub>2</sub>, todavía en marcha, es más amplio y consiste en estudiar el potencial de las algas para la captura de CO<sub>2</sub> industrial, su conversión a biomasa y los posibles usos energéticos de esta biomasa, no necesariamente para biodiésel.

**¿En qué fase de experimentación se encuentra este proyecto?**

Repsol ha trabajado y está trabajando con algas no sólo en los proyectos Cenit PIIBE y Cenit Sost-CO<sub>2</sub> sino también en el Cenit Vida, iniciado en 2010. Los proyectos Cenit lo son de investigación básica en los que se estudian todas las etapas

de la cadena algas-biocombustibles, desde el material biológico hasta el diseño de materiales plásticos para fabricar fotobiorreactores, o la conversión de lípidos en biocombustible por vías no convencionales, trabajos que han dado lugar a varias patentes. El siguiente paso es la escalación de algunos de estos procesos, que se va a llevar a cabo en nuestras instalaciones de la refinería de Tarragona, que se iniciarán este año.

**Primero fueron los combustibles de origen vegetal, ahora marino. Parece que las posibilidades para generar nuevos combustibles en cuanto a materias primas y tecnologías son infinitas. ¿Es así?** Decir infinitas es decir mucho, pero hay nuevas materias primas en el horizonte, tanto cultivos terrestres como marinos o sistemas desarrollados por biología sintética o fotosíntesis artificial.

**¿Cree que la investigación en el área de nuevos combustibles puede proporcionar a un país como el nuestro, dependiendo energéticamente, mayor seguridad de abastecimiento?**

Nuestra dependencia energética en combustibles fósiles es muy alta, por lo que cualquier desarrollo en combustibles a partir de otras materias primas o de energías renovables en general contribuirá a mejorar la situación.

## MADRID

### >> Climatización 2011, el mayor escaparate del mercado en tecnología, innovación y diseño

La decimocuarta edición de Climatización, el salón internacional de aire acondicionado, calefacción, ventilación y refrigeración, que tendrá lugar en la Feria de Madrid del 1 al 4 de marzo de 2011, presentará los más recientes avances en diseño y tecnología de este sector comprometido con la eficiencia energética y el cuidado del medio ambiente. Junto a las habituales propuestas, productos y soluciones de la industria de la climatización y de la refrigeración que centrarán la oferta expositiva, esta nueva edición incorporará la celebración de unos talleres de técnicas aplicadas, que permitirán conocer y profundizar en los mejores procedimientos para llevar a cabo las innovadoras instalaciones, así como la del primer congreso Climatización Eficiente, Clima+, organizado por la Comunidad de Madrid de forma paralela a la feria.

Asimismo, Climatización organizará una nueva convocatoria de Foroclima, las jornadas técnicas del salón y el punto de encuentro en el que expertos, empresas, instituciones y profesionales del sector comparten experiencias y actualizan sus conocimientos. En esta ocasión, las conferencias abordarán las tendencias en eficiencia energética y energías renovables aplicadas a la climatización y la calefacción, con especial atención a la aerotermia, la energía renovable basada en la bomba de calor.

Finalmente, la investigación y el desarrollo de los fabricantes del sector serán los protagonistas de Galería de Innovación, un espacio que en su quinta edición persigue ofrecer reconocimiento y apoyo en la promoción y la comunicación de las novedades sectoriales que representan la vanguardia tecnológica.

## JAÉN

### >> El Foro de Biomasa y Servicios Energéticos se abre a la arquitectura sostenible

El Recinto Provincial de Ferias y Congresos de Jaén se prepara para acoger el II Foro Internacional de Biomasa y Servicios Energéticos, que tendrá lugar los días 17 y 18 de marzo de 2011 con la biomasa como eje principal de las actividades.

Además de las materias relacionadas con esta fuente de energía renovable y autóctona, este foro tiene previsto incluir también actividades que incidirán en cuatro bloques temáticos: modelos urbanos sostenibles; climatización con energías renovables, especialmente biomasa, solar térmica y geotérmica; arquitectura sostenible, y empresas de servicios energéticos, todo ello de acuerdo con los actuales requerimientos del mercado energético y en cumplimiento del conocido paquete verde que obliga a que en 2020 la Unión Europea emita el 20% menos de CO<sub>2</sub> que en 1990, consuma el 20% menos de energía y genere el 20% de su energía primaria a partir de fuentes renovables.

La actividad de este foro se verá completada con la celebración del 17 al 19 de marzo de Ecohabitat, el primer Salón de Arquitectura, Urbanismo y Climatización Sostenible.

## BARCELONA

### >> SIMUTools analiza las diferentes técnicas y herramientas de simulación y análisis

Barcelona será escenario del 21 al 25 de marzo de 2011 de la cuarta edición de SIMUTools, la Conferencia Internacional sobre Técnicas y Herramientas de Simulación. El objetivo de esta nueva edición es reunir a la industria, investigadores y profesores de la Universidad, además de a profesionales del sector y usuarios diversos, para abordar y debatir sobre las tendencias actuales y futuras en amplias técnicas de simulación, modelos y prácticas. Además de profundizar en el conocimiento de las diferentes herramientas de simulación y análisis, este encuentro persigue, asimismo, fomentar la colaboración en la investigación interdisciplinar dentro de este campo mediante la presentación de los trabajos de investigadores tanto teóricos como prácticos.

### >> Glassman 2011, un punto de encuentro para la industria del vidrio europea

Los proveedores de equipos y servicios para la producción y transformación de vidrio mostrarán sus últimas novedades a la industria vidriera europea en la feria Glassman Europe



2011, que se celebrará el 25 y el 26 de mayo en el Palacio de Congresos de Barcelona. El salón está especialmente dirigido a empresas de los sectores de plantas de proceso por lotes, hornos de fusión, equipos de combustión, refractarios, templado y plantas de laminación, máquinas y equipos para servicios de laboratorios y analíticos, entre otros. La Unión Europea es en la actualidad el principal mercado mundial de vidrio, tanto en términos de producción como de consumo.

## BILBAO

### >> Los avances y desafíos de la nanotecnología y la nanociencia se dan cita en ImagineNano

La nanotecnología y la nanociencia tienen una cita ineludible con ImagineNano, la conferencia internacional que celebrará su octava edición en el Bilbao Exhibition Centre (BEC) de la capital vizcaína entre los próximos 11 y 14 de abril. Considerado uno de los mayores eventos europeos en esta disciplina, ImagineNano constituye una buena oportunidad para intercambiar ideas, redes y conocer lo último de la nanociencia y nanotecnología.

Junto al amplio número de conferencias previstas en el apartado científico, el programa de esta convención incluye también una exposición industrial con las nanotendencias, así como diversas actividades sociales dirigidas a quienes deseen acercarse por primera vez a la nanotecnología, una tecnología que, según anuncian sus valedores, ha venido para quedarse en las empresas.



# ¿Dónde estamos?

Hace 10 años más o menos (¿o vamos a discutir de nuevo dónde comienza y termina la década?), nos preguntábamos qué pasaría en este siglo XXI del que tanta gente decía y escribía que sería el siglo de la ecología. Pues hasta el momento ha pasado de todo, más malo que bueno, para variar, pero está claro, al paso que vamos, que de siglo de la ecología nada de nada. ¡Qué va a ser! Y menos todavía después de que el *sueño Obama* se haya diluido (¿habrá reacción?) como un azucarillo acosado por ese Tea Party que más nos convendría a todos que se convirtiera en Green Party. ¡Qué cosas genera esa democracia estadounidense que, al parecer, tanto deberíamos admirar los buenos demócratas!

Los hechos demuestran que, en efecto, las crisis no son buenas para las políticas ambientales, salvo que convengamos en que el retraimiento económico y la austeridad inversora (el decrecimiento obligatorio) evitan desaguizados, como el urbanístico por ejemplo, si bien estamos convencidos de que no habrá un antes y un después, como llegamos a pensar los más ingenuos durante las primeras semanas del hundimiento. En cuanto las aguas vuelvan a su cauce también nosotros (ellos) volveremos (volverán) a las andadas. Más ellos que nosotros.

En el caso de España, y a pesar del cambio de la titular del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (¿alguien echará de menos la escandalosa apatía de Elena Espinosa?), el Gobierno de Rodríguez Zapatero va a terminar la legislatura con pocas sorpresas agradables en este terreno, por mucho que se empeñe Rosa Aguilar con su peligrosísima y fuera de lugar a estas alturas vena demagógica. ¿Quién ha oído hablar a Rodríguez Zapatero del cambio climático en estos últimos meses de acoso inmisericorde por los mercados? ¿No debería el Código Penal castigar también este tipo de acoso?



Dicen que, entre otras razones, la llegada de Rosa Aguilar trataría de desactivar ciertas expectativas electorales suscitadas por EQUO, la fundación con vocación política que han puesto en marcha Juan López de Uralde, ex director de Greenpeace-España, y Alejandro Sánchez, que ocupaba también ese mismo cargo en la Sociedad Española de Ornitología (SEO). Ellos dos y unos cuantos más, puesto que los apoyos de Los Verdes europeos han sido hasta la fecha poco explícitos y aquí, la verdad, tampoco parece que hayan generado demasiados entusiasmos. El voto verde en España ha sido históricamente una entelequia y lo será de nuevo

**“LAS CRISIS NO SON BUENAS PARA LAS POLÍTICAS AMBIENTALES, SALVO QUE CONVENGAMOS EN QUE EL RETRAIMIENTO ECONÓMICO Y LA AUSTRERIDAD INVERSORA (EL DECRECIMIENTO OBLIGATORIO) EVITAN DESAGUISADOS, COMO EL URBANÍSTICO POR EJEMPLO”**

en los próximos comicios a pesar del desencanto con los dos partidos mayoritarios. Bien es cierto que, de haber en juego unos cuantos miles de papeletas, más bien se restarían al PSOE e Izquierda Unida antes que al Partido Popular. Veremos, pero mucho me temo que EQUO naufrague dejando a la deriva a dos de las personas más valiosas que ha dado el ecologismo español en las últimas décadas. La proyección social y mediática de López Uralde tras su encarcelamiento en Copenhague parece insuficiente para romper rutinas electorales.

No, no está el horno para experimentos de ese tipo, porque tampoco lo está la sociedad española. Como la europea y no digamos la americana del Norte o del Sur, por no hablar de India o de China. De esa mitificada China que, aun antes de convertirse en la primera economía mundial, ya tenía el dudoso honor de ser el país más agresivo en cuestiones ambientales, sin negarle por ello algunos avances ambientales, como es el caso de las energías renovables. Ha sido una característica constante y desgraciada de las economías asiáticas (esos dragones que acabarán comiéndonos o quemándonos con sus lenguas de fuego), pero nadie como China ha mostrado hasta la fecha una actitud tan irresponsable, tan frívola y despilfarradora en el uso de las materias primas, como bien puede comprobarse en cualquiera de esas tiendas de Todo a 100 a las que acudimos para estirar el sueldo. ¿Han encontrado en ellas algún producto por el que paguen el valor aproximado de las materias primas consumidas para su fabricación? Me temo que no. China arrasa lo suyo y lo ajeno, con incursiones esquiladoras en África, Latinoamérica y allá donde lo necesite.

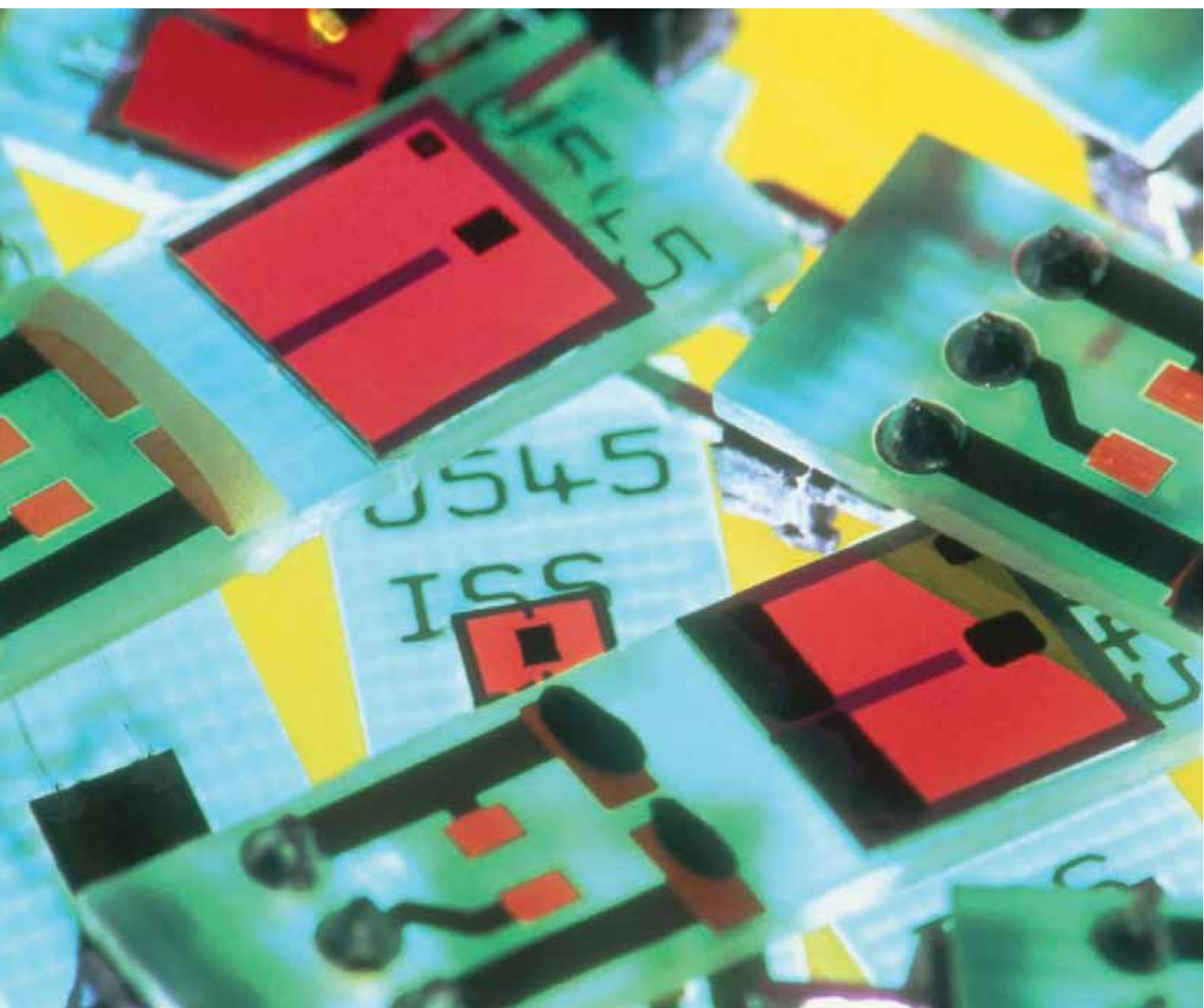
Por mucho que los santones de la economía glorifiquen de modo interesado el milagro económico chino o asiático, desde el punto de visto ecológico supone uno de los mayores disparates en la ya larga historia del capitalismo. Lo es en relación con el uso y abuso de las materias primas y lo es tanto o más respecto al mercado laboral con millones de personas esclavizadas por salarios miserables (lo hacen también aquí, en esa Barcelona de la película *Biutiful*, que protagoniza Javier Bardem). El capitalismo planificado de este país, que acabará comprando buena parte de la deuda de las potencias occidentales, es tan desalmado como aquél de los siglos XVIII y XIX que explotaba a los niños y mataba de hambre y de penurias a los adultos. ¡Y pensar que ése es el modelo hacia el que nos dejamos llevar! ¡No quiero ni pensarlo! ¿Dónde estamos? Pues ahí, al borde del abismo. ¿Quieren hacer el favor de no acercarse?

# Nuevas aplicaciones de los polímeros conductores

Francesc Estrany Coda, Carlos Alemán Llansó, Elaine Armelin Diggroc y Jordi Casanovas Salas

*New applications of conductive polymers*

Foto: AGE Fotostock



## RESUMEN

En este artículo se describe el desarrollo de dos de las más novedosas aplicaciones prácticas de los polímeros conductores, ambas basadas en su estructura molecular orgánica combinada con su inusual conductividad eléctrica y su elevada capacidad de almacenamiento de carga. Se han empleado polímeros conductores como aditivos en forma de núcleos dispersos en pinturas anticorrosivas, y se ha verificado un aumento de la protección del acero frente a su corrosión en el medio marino. Dentro de otro campo de aplicación, se ha estudiado la capacidad de films de polímeros conductores para enlazar con cadenas proteicas, actuando como soporte de monocapas celulares. Se ha ensayado su adherencia, su biocompatibilidad y su electrocompatibilidad, parámetros aplicables a la preparación de componentes de biosensores e, incluso, al desarrollo de piezas de implantes anatómicos.

Encargado: 20 de octubre de 2010  
Recibido: 14 de diciembre de 2010  
Aceptado: 22 de diciembre de 2010

## Palabras clave

Polímeros conductores, electroactividad, corrosión, biocompatibilidad

## ABSTRACT

*This article describes the development of two of the newest applications of conductive polymers, both based on organic molecular structure combined with its unusual electrical conductivity and high charge storage capacity. Conducting polymers have been used as additives in the form as scattered nuclei in anti-corrosive paints, and a increase in its capacity of protection of steel in the marine environment has been verified. In another field of application, we studied the ability of films for conducting polymers to bind to protein chains, acting as a support for cell monolayers. Cellular adhesion, biocompatibility and electrocompatibility have been assayed. These parameters are applicable to the preparation of components of biosensors, including the development of parts of anatomical implants.*

Commissioned: October 20, 2010  
Received: December 14, 2010  
Accepted: December 22, 2010

## Keywords

Conducting polymers, electroactivity, corrosion, biocompatibility

## Propiedades eléctricas de los polímeros conductores

### Generalidades

Los polímeros conductores son materiales orgánicos con largas cadenas conjugadas, que tienen una distribución de dobles enlaces C=C alternándose con enlaces simples C-C, y poseen aniones dopantes incorporados a la cadena. Estos aniones estabilizan su estructura conjugada, disminuyen la deslocalización electrónica (les confieren estructura salina) e incrementan varios órdenes de magnitud su conductividad eléctrica (Groenendaal 2000, Scrosati 1993, Brillas et al 2000, Nalwa 1997, Oliver et al 2006). Son conocidas sus propiedades electroquímicas, electrocrómicas y electroquimiomecánicas (Aleman 2005, Nalwa 1997, Chandrasekhar 1999, Fernandez Otero 2003) y es especialmente destacable su capacidad de almacenamiento de carga, es decir, la carga que puede ser almacenada por la unidad de masa del polímero (Fernández Otero 2003, Nalwa 1997, Estrany 2007), que orienta su aplicación a la protección de la corrosión metálica (Wei et al 1995, Kousik et al 2001, Ocampo et al 2005, Iribarren et al 2005).

### Conductividad eléctrica y polímeros conductores

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene un material de dejar pasar

la corriente eléctrica a través de él, y sus unidades son *siemens*/centímetro (S/cm). La teoría de las bandas (Nalwa 1997, Scrosati 1993, Fernández Otero 2003) explica la conductividad basándose en el concepto de "distancia entre capas electrónicas", es decir, el espacio simbólico que hay entre la capa más energética ocupada por electrones (banda de valencia) y la capa menos energética libre (banda de conducción). La conductividad del material a escala molecular depende de la facilidad que tengan los electrones de saltar entre dichas capas. En los metales estas dos bandas se solapan, en los materiales semiconductores están cercanas y en los materiales aislantes están muy separadas. En el caso de los polímeros conductores, el "eslabón" que facilita el transporte de carga a través de sus cadenas son los polarones y bipolarones. Un polarón es un catión-radical parcialmente deslocalizado en varias unidades monoméricas, mientras que un bipolarón es un dicatión diradical (figura 1).

### Monómeros más estudiados.

#### Heterociclos

Los polímeros generados electroquímicamente suelen estar formados por moléculas de compuestos aromáticos entre los que destacan los heterocíclicos. Un compuesto heterocíclico es una sustancia que contiene un anillo aromático formado

por más de un tipo de átomos, además del carbono; los más comunes son N, O y S. Los compuestos heterocíclicos más simples de cinco átomos son: pirrol, furano y tiofeno, cada uno de los cuales sólo tiene un heteroátomo (Fernández Otero, 1994).

Los politiofenos alcoxisustituidos se dopan con más facilidad y son más estables en estado conductor que el politiofeno, debido a la propiedad liberadora de electrones del grupo alcoxi. La unión de las posiciones 3 y 4 con el grupo etilendioxi (en caso del etilendioxitiofeno, EDOT, figura 2) produce polímeros estables con una gran conductividad, del orden de entre 200 y 300 S/cm, el más conocido de los cuales es el polietilendioxitiofeno (PEDOT) (Fahlman et al 2003, Heywang y Jonas 1992, Dietrich et al 1994, Ocampo et al 2006).

El PEDOT destaca por sus buenas propiedades eléctricas y electroactivas, así como por su alta estabilidad temporal, factor que lo hace técnicamente interesante para aplicaciones en recubrimientos. En el grupo de investigación IMEM, del Departamento de Ingeniería Química de la UPC, se han ensayado distintos copolímeros y compuestos derivados del PEDOT combinado con poli(3-metiltiofeno), o 3MT, y también con poli(N-metilpirrol), o PNMePy, (Oliver et al 2006 y Ocampo et al. 2007a), con el objetivo de encontrar materiales



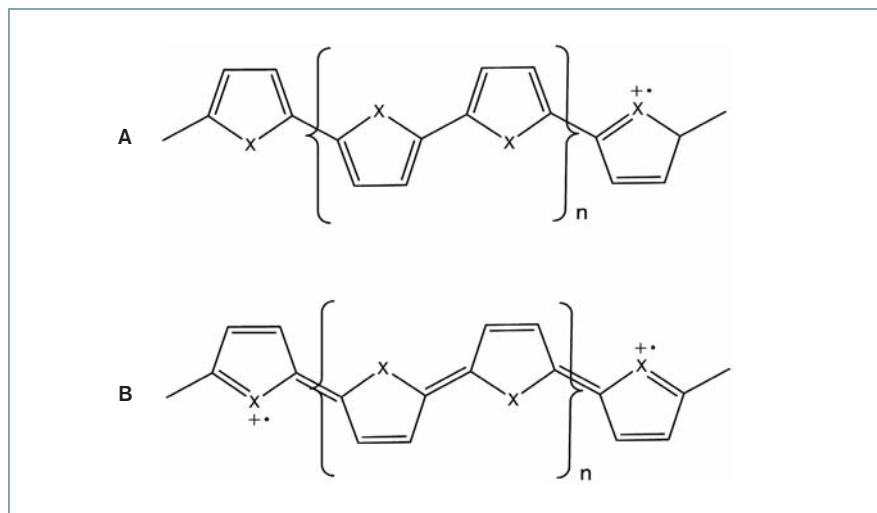


Figura 1. Representación de un polarón (A) y un bipolarón (B) dentro de la cadena de un poliheterociclo (X = O, N o S).

idóneos para ser aplicados en la protección contra la corrosión del acero. Por otra parte, las cadenas de PEDOT tienen la propiedad de enlazarse con cadenas de aminoácidos, como en el caso del ADN, propiedad que se viene explorando debido a su interesante aplicación como sustrato de soporte celular (Ocampo et al 2007b y Del Valle et al 2007.).

### El fenómeno de la corrosión

#### La corrosión del acero en agua de mar

La corrosión marina, como todo fenómeno en soluciones acuosas, es un proceso de naturaleza electroquímica. Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el deterioro de sus propiedades tanto físicas como químicas. Este fenómeno sólo ocurre en presencia de un electrolito, y aparecen dos regiones plenamente identificadas, llamadas anódica y catódica. En el ánodo se produce una reacción de oxidación, en la que los electrones son liberados y se dirigen a la región catódica. Por tanto, en la reacción anódica se produce el ataque al metal (corrosión). Según los efectos producidos se puede distinguir básicamente tres tipos: la corrosión uniforme, la corrosión localizada y la corrosión intergranular. La localizada que se produce en el acero cuando se encuentra en medio salino es un fenómeno muy característico de las costas, y es la que se abordará en este estudio. Uno de los ejemplos más destacable es la corrosión producida en los cascos de los buques. El electrolito corrosivo por excelencia de la naturaleza es el agua de mar. En ella se mantiene en todo momento un contacto eléctrico entre las

posibles regiones anódicas y catódicas. El anión cloruro,  $\text{Cl}^-$ , de pequeño volumen iónico, es capaz de penetrar en el casco del buque, agrietándolo, pasando posteriormente a la red metálica, iniciando y activando túneles de corrosión. El oxígeno disuelto en el agua desempeña un papel principal, ya que suministra la especie necesaria para que se produzca la reacción catódica. La temperatura del agua del mar varía en función de la estación del año y del lugar, pero oscila entre  $-2^\circ\text{C}$  y  $35^\circ\text{C}$ . En general, la velocidad de corrosión del acero en el medio salino es proporcional a la temperatura.

#### Métodos de protección de la corrosión

Actualmente, pueden emplearse diferentes técnicas destinadas a prevenir la corrosión metálica, como son: la aplicación de recubrimientos metálicos y no metálicos, la utilización de inhibidores y pasivadores, protección catódica o anódica y el empleo de aleaciones con propiedades autoprotectoras. En la protección por recubrimientos no metálicos se distinguen los siguientes métodos: fosfatización, oxidación superficial, esmaltado y pinturas. La aplicación de polímeros conductores en la protección contra la corrosión se enmarca en el campo de los recubrimientos no metálicos y en el campo de la protección anódica.

La protección anódica consiste en la formación de películas protectoras en la superficie de los metales, de igual modo que en la oxidación se forman películas de óxido autoprotectoras de forma natural. La técnica consiste en añadir un ánodo cuyo potencial de reducción sea mucho menor que el del elemento que

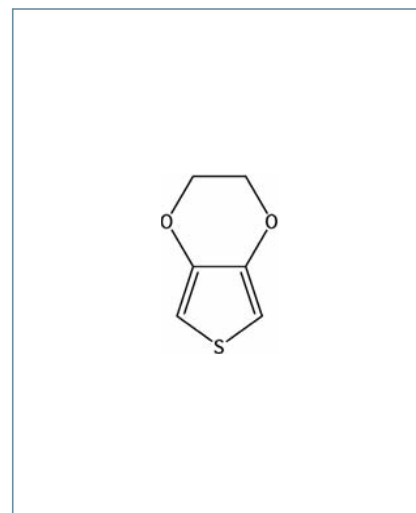


Figura 2. Representación de la molécula de 3,4-etilendioxitiofeno (EDOT).

se ha de proteger. Entonces, por efecto de pila galvánica, se protege dicho elemento, al destruirse el ánodo añadido (que se sacrifica). Los ejemplos más comunes son el uso de cinc en galvanizados, en pinturas, o de magnesio en calderas de agua dulce, para la protección del acero o del acero revestido.

La aplicación de revestimientos de pintura es el método más utilizado en la protección contra la corrosión metálica, por su acción impermeabilizante e inhibidora de los procesos oxidativos. Actualmente, en el 80-90% de las superficies que se pretende proteger se utilizan pinturas. La pintura suele ser una mezcla de un líquido (vehículo) con uno o varios colorantes (pigmentos). El vehículo está compuesto por un disolvente y un ligante (resina), responsable de las propiedades de aplicación, tiempo de secado, propiedades mecánicas, etcétera.

#### Mecanismo de protección anódica promovida por la electroactividad de los polímeros conductores

Una de las propiedades de los polímeros conductores que les convierte en materiales potencialmente aplicables como protectores contra la corrosión es su capacidad de almacenamiento de carga. El material es electroactivo cuando puede incorporar una cierta cantidad de carga positiva en el proceso de oxidación y liberar dicha carga en el proceso de reducción. De este modo, el material absorbe la carga que corroería al metal, en un proceso de protección anódica. El PEDOT electrogenerado presenta alta conductividad y muy buenas propiedades electroactivas que han sido avaladas por numerosos trabajos de investigación

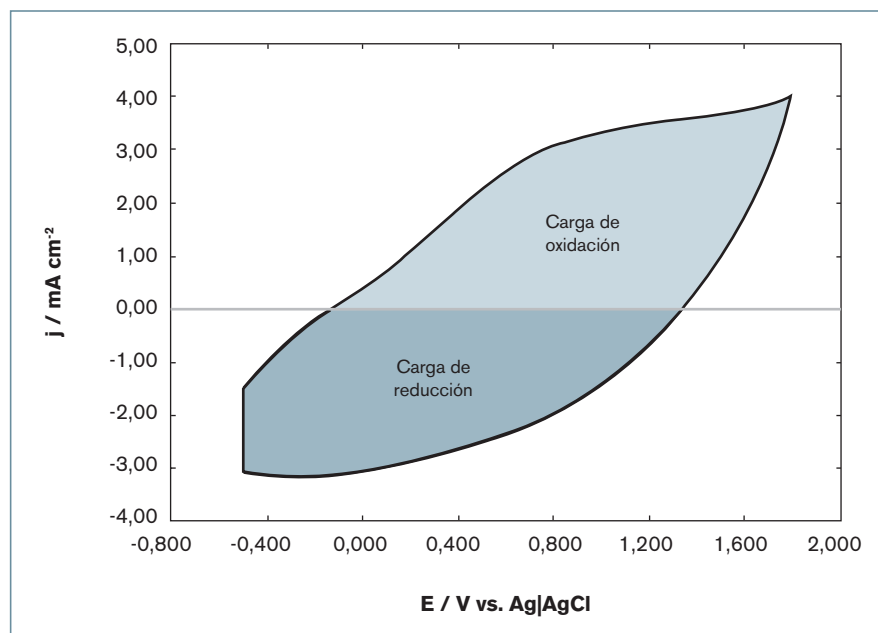


Figura 3. Voltametría cíclica de control para una muestra de PEDOT dopada con iones perclorato (Heywang, 1992).

(Jonas et al 1995, Heywang et al 1992, Ocampo et al 2005, Liesa et al 2006, Iribarren et al 2005, Armelin et al 2007).

Se puede comprobar la capacidad redox del PEDOT en un voltamperograma de control, como el de la figura 3, obtenido al someter *films* de una especie sobredopada de PEDOT a procesos de oxidación y reducción (Heywang G). En el eje de ordenadas de la figura 3 se representa la densidad de corriente que atraviesa el material, y en el eje de abscisas el potencial al que se va sometiendo el polímero a la velocidad de 100 mV·s<sup>-1</sup>. Además, el material tiene una elevada estabilidad electroquímica; el ciclo de oxidación-reducción de la figura 3 puede desarrollarse repetidas veces sin que el material pierda su capacidad de almacenamiento de carga.

### Compuestos multicapa de polímeros conductores

#### Electroactividad de los compuestos multicapa

Recientemente, se ha preparado una serie de sistemas compuestos de *films* superpuestos, denominados multicapas, a partir de dos polímeros conductores distintos (figura 4).

La generación electroquímica se realiza capa a capa. Se trabaja con dos celdas electrolíticas, cada una con el medio de generación correspondiente a uno de los dos homopolímeros, alternando adecuadamente la inmersión del electrodo en cada una de las celdas que contienen la disolución de cada monómero.

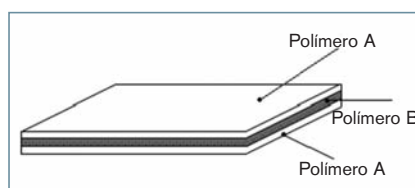


Figura 4. Film compuesto de multicapas de dos polímeros conductores.

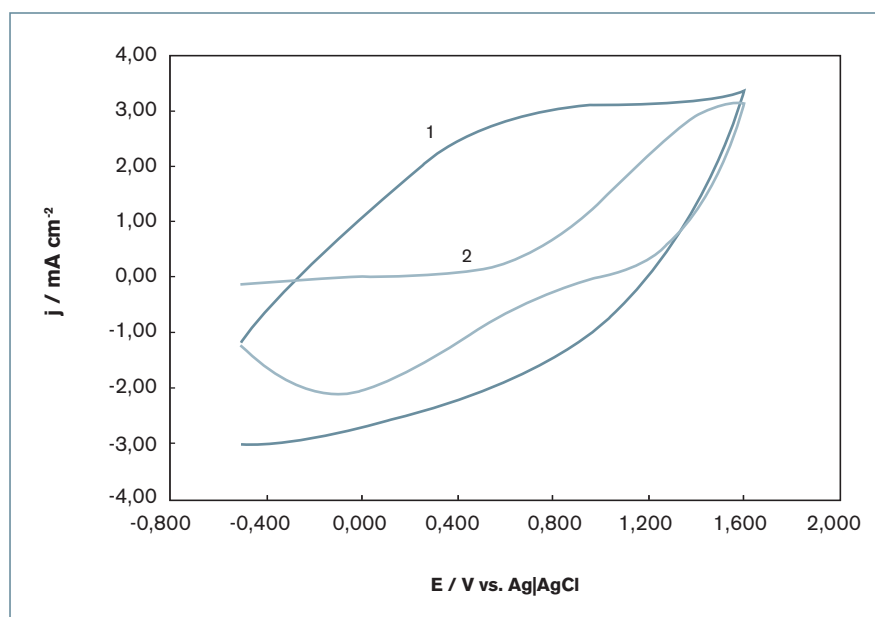
Comparando las curvas de voltamperometría cíclica del PEDOT y del poli-PNMePy solapadas, se puede observar que el primero es, con diferencia, el más electroactivo (figura 5, curva 1). Las áreas

de oxidación y reducción son mucho más grandes en el caso del PEDOT (curva 1) que en el caso del poli(NMePy) (curva 2). Los voltamperogramas de control fueron llevados a cabo en un rango de -0,500 V a 1,600 V y a una velocidad de 100 mV s<sup>-1</sup>.

El comportamiento electroquímico de las multicapas es muy interesante. Se ha comprobado que el área de oxidación y reducción de los voltamperogramas de control, que define la electroactividad del material compuesto, es notablemente mayor que la suma de las áreas de los voltamperogramas de los *films* monocapa de cada uno de los homopolímeros que lo integran. La figura 6 muestra los voltamperogramas de control obtenidos al oxidar desde -0,500 V hasta 1,600 V, *films* de PEDOT puro (a), de tres capas alternadas PEDOT-poli(NMePy)-PEDOT (b), de cinco capas alternadas (c) y de siete capas (d). En todos los casos, la masa final de polímero en los electrodos fue muy similar, entre 1,2 y 1,4 mg·cm<sup>-2</sup>, diferenciándose básicamente en el número de capas de polímero alternadas.

En la figura 6 puede verse muy claramente el incremento del área de oxidación y reducción, conforme va aumentando el número de capas. Es decir, las multicapas compuestas por PEDOT-PNMePy-PEDOT de tres, cinco o siete *films* superpuestos, son mucho más electroactivas que un *film* compuesto de un único tipo de polímero, y en este caso se ha comparado con el PEDOT, que presenta una excelente electroactividad.

Figura 5. Voltametría cíclica de los homopolímeros PEDOT (curva 1) y PNMePy (curva 2).



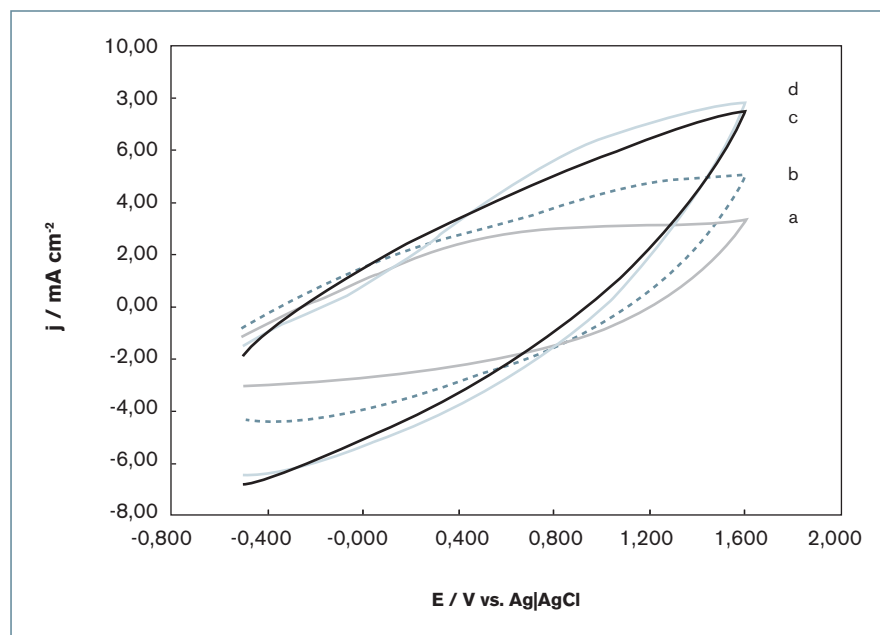


Figura 6. Comparación de los voltamperogramas de control del PEDOT homopolímero (A), de un film de tres capas de polímeros compuesto por PEDOT-PNMePy-PEDOT (B), de cinco capas (C) y de siete (D).

Cabe destacar también que el incremento marginal de electroactividad al pasar de cinco a siete capas es pequeño. Por ello, se han elegido los materiales compuestos de tres y cinco capas para realizar los ensayos de corrosión empleando polímeros multicapas como aditivos anticorrosivos en pinturas (apartado 5).

#### Micromorfología superficial de las multicapas de polímeros conductores

La figura 7a muestra la fotografía, obtenida a 30.000 aumentos con un microscopio electrónico de barrido (SEM), de la superficie de un *film* de PEDOT puro electrodepositado sobre el electrodo de acero empleando un potencial de 1,400

V durante 300 s, mientras que la figura 7b muestra la fotografía SEM de la superficie de un *film* compuesto de tres capas de polímeros (multicapa 3). En ambas microfotografías se puede apreciar un notable grado de rugosidad de la superficie a escala microscópica.

Tanto la figura 7a como la 7b muestran una superficie muy rugosa a nanoescala, pero es de destacar que en la figura 7b se aprecia que la superficie de la multicapa es aún más irregular que la de la capa simple, presenta mayores desniveles y una mayor proporción de núcleos aglomerados en la parte superior que la superficie del homopolímero puro PEDOT, con lo que en la superficie de

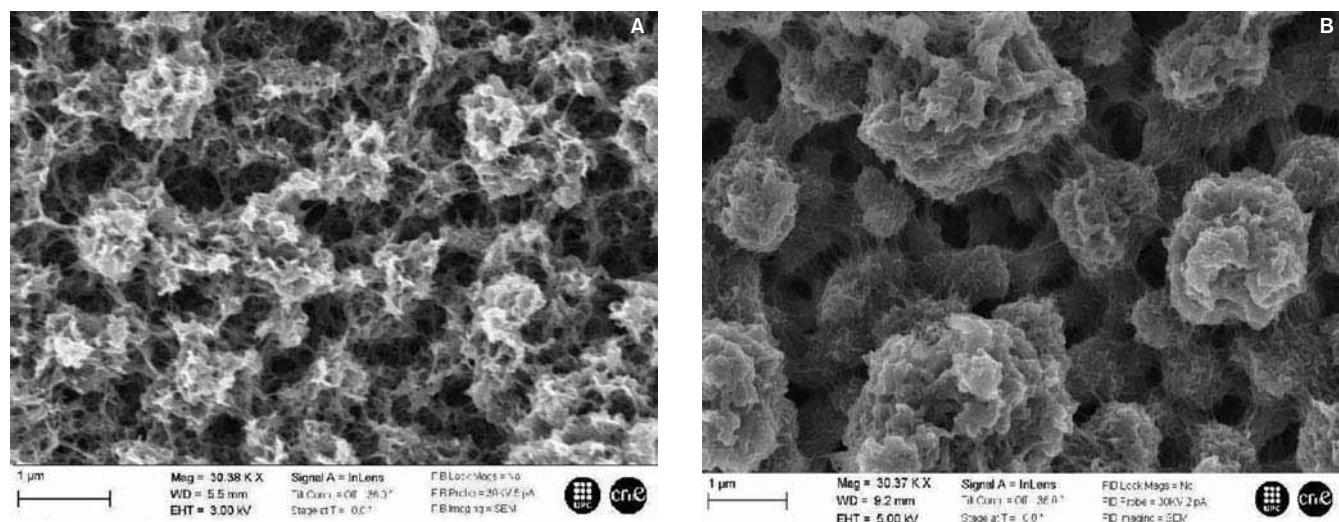
la multicapa quedan mejor definidos los espacios intersticiales. Esto significa que el tamaño de poro es mayor en el *film* compuesto de tres capas respecto al del de PEDOT monocapa. Este resultado cualitativo es coherente con la mayor electroactividad de las multicapas respecto al PEDOT y apoya la hipótesis de que la movilidad de los aniones a través de la interfase es el factor que controla su incorporación al polímero.

#### Ensayos de protección de la corrosión

##### Dispersión de los polímeros multicapa en la pintura

La estrategia prevista para estudiar la protección de la corrosión metálica se basa en formar una dispersión de micropartículas de polímero conductor en una pintura anticorrosiva. Estas micropartículas constituyen elementos de almacenamiento de carga que absorben la corriente de oxidación que corroería el metal. Es decir, actuarán como ánodos de sacrificio, pero de modo uniforme y extendido a toda la superficie. Para conseguir la máxima dispersión de las partículas en el seno de la pintura se ha molturado previamente el material en un mortero de ágata. La pintura se prepara con cuatro partes de resina por una de endurecedor, y después se dispersa el polímero finamente molido en una pequeña parte de pintura. Una vez conseguida la dispersión total del polímero se mezcla la parte de pintura que contiene el polímero con el resto de la pintura, agitando toda la masa de forma que la dispersión quede homogénea. La dosificación del polímero es

Figura 7. Micrografías SEM de la superficie de (a) el PEDOT puro y (b) la multicapa 3, a 30.000 aumentos.





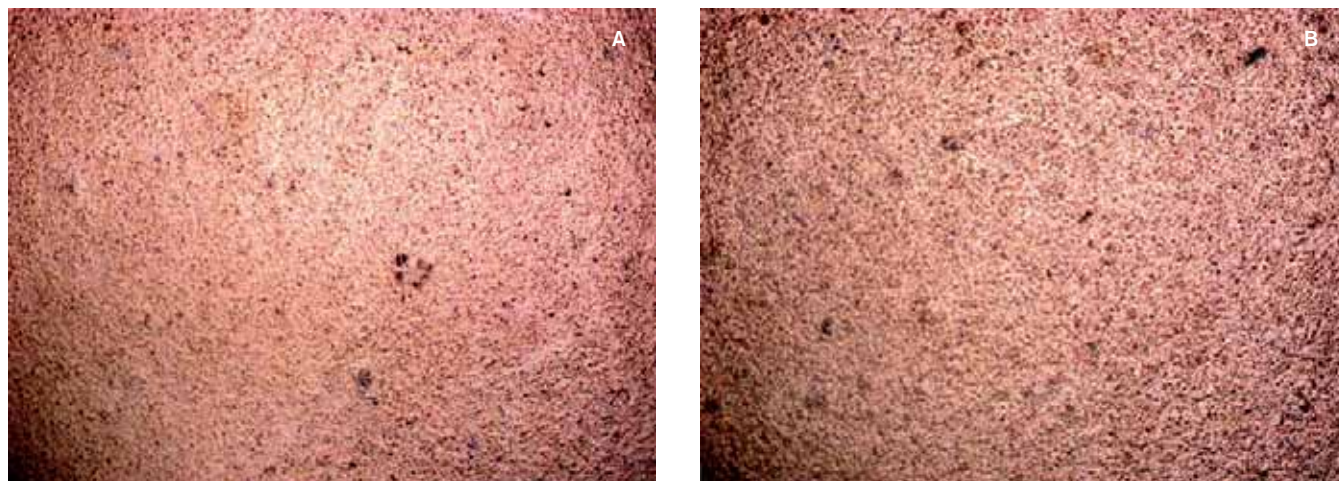


Figura 8. Fotos de microscopía óptica de la pintura anticorrosiva con micropartículas de polímeros compuestos por (a) tres y (b) cinco capas de PEDOT-PNMePy intercalados, a cinco aumentos.

del 0,1% en peso. Las fotografías de la figura 8 muestran la superficie de dos de las preparaciones de polímeros multicapa con una ampliación de cinco aumentos, y se observa que la suspensión es aceptablemente regular. Además, se han efectuado ensayos previos de verificación visual de la compatibilidad física de trozos de *film* del material ensayado con la pintura. Se aprecia que la pintura de base epoxi tiende a recubrir a las láminas de los polímeros conductores con mucha facilidad.

#### Preparación de las probetas para los ensayos de resistencia a la corrosión

Las probetas son de acero de bajo contenido en carbono y laminado en frío, con una rugosidad media de 1,90 mm. Sus dimensiones son, aproximadamente, de 48 mm x 40 mm x 23 mm. Cada chapa metálica se ha recubierto con dos capas de pintura, dejando un periodo de secado entre cada aplicación de 15 minutos. La capa final de pintura es de 0,2 mm de espesor. Las probetas recubiertas de pin-

tura (figura 9a) han sido sometidas a ciclos de inmersión en soluciones salinas con posterior escurrido y secado, en un robot simulador que tiene programados los tiempos de cada operación (figura 9b).

#### Resultados de los ensayos de corrosión

Las probetas recubiertas de pintura anticorrosiva han sido sometidas a ensayos acelerados de simulación de corrosión por agua de mar y ambiente marino, consistentes en ciclos de inmersión y secado de forma ininterrumpida durante cuatro semanas. Se les ha practicado un corte en forma de aspa para asegurar el contacto del agua salobre con el metal, simulando así las condiciones lo más adversas posible sobre el casco de un buque (rayado de la pintura debido a golpes y rozaduras con rocas, etcétera).

#### Determinación del grado de corrosión por la medida del área corroída

Al extraer las probetas, éstas son sometidas a un proceso de raspado de la pin-

Figura 10. Fotografías de las probetas recubiertas de pintura tras 480 horas del test acelerado de corrosión (medida de la línea, 1 cm): (a) pintura sin aditivo, (b) pintura con multicapa 5.

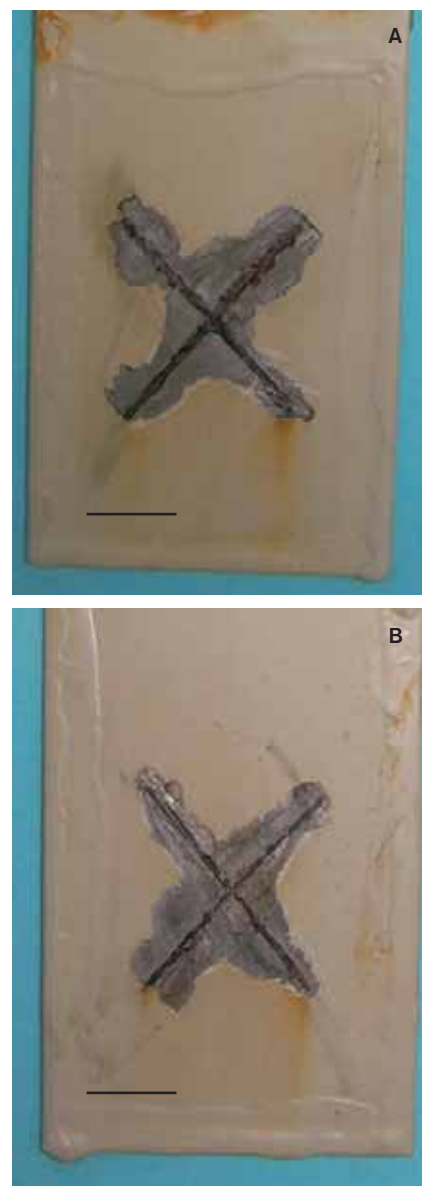
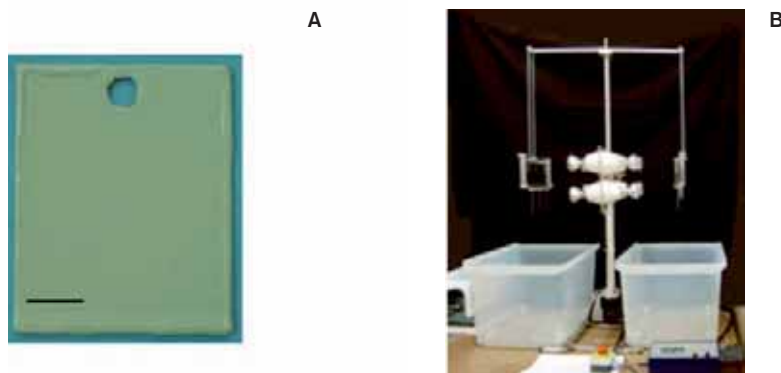


Figura 9. Ensayos de corrosión (a) probeta de acero pintada y marcada con un aspa (medida de la línea: 1 cm) y (b) robot patentado para la realización de los ensayos de corrosión (registro n° P2005-00895).



tura para verificar su grado de adherencia, y medir la superficie corroída en la zona en la que ha saltado la pintura. La figura 10 muestra el aspecto de las probetas una vez que han sido sometidas al rascado. Como puede observarse, la superficie afectada por la corrosión es menor en la probeta protegida por la pintura aditivada con los *blends* (figura 10b) que la de la pintura sin aditivar (figura 10a).

El ensayo de pérdida de adherencia se ha efectuado siguiendo la norma ASTM-D1654-79a. Se determina la pérdida de adherencia de la pintura midiendo las dimensiones de la zona que queda sin pintura al raspar la superficie de las probetas. El grado de corrosión se cuantifica midiendo la superficie corroída en la zona mencionada.

#### Grado de corrosión

La figura 11 muestra los resultados de un estudio de comparación de las superficies de las probetas afectadas por la corrosión en las probetas una vez que son retiradas del robot simulador y después de aplicar el rascado (Aradilla et al 2007). Las gráficas demuestran que la presencia de multicapas de polímero conductor en la pintura tiene un notable efecto inhibitor de la corrosión localizada en la zona de las aspás. Se observa un comportamiento muy semejante entre las pinturas aditivadas con los dos tipos de multicapa.

### Ensayos de adhesión celular sobre un polímero conductor

#### Preparación del sustrato

Como sustrato para el recubrimiento celular se ha ensayado el PEDOT (Del Valle et al 2007) y copolímeros de EDOT y 3-metiltiofeno (Ocampo et al 2007b). Los *films* de PEDOT, cuyos resultados se exponen a continuación, se han obtenido por cronoamperometría aplicando un escalón de potencial de 0 a 1,400 V durante 300 s a una disolución 10 mM del monómero en acetonitrilo, con una concentración 0,1 M de  $\text{LiClO}_4$  que actúa como agente dopante. El polímero se ha depositado sobre placas cuadradas de acero inoxidable de 1 cm de lado, que es el tamaño adecuado para que puedan disponerse dentro de los compartimentos de cultivo, que se puede ver en la figura 12. Una vez recubiertas de polímero, las placas han sido sometidas a un proceso de esterilización mediante radiación UV.

#### Preparación de la población de células

Se ha preparado un cultivo de células de cáncer de laringe, que son de tipo eucariota y que se desarrollan con rapidez. El medio utilizado para hacer crecer las colonias celulares ha sido el *Dulbecco's modified Eagle medium* (o DMEM), complementado con suero, antibióticos, aminoácidos y sales. Se ha trabajado en una atmósfera de aire a 37 °C con el 5,1% de  $\text{CO}_2$ .

Las células se han separado a partir de un cultivo inicial con DMEM, y se han contabilizado gracias a la adición

de un colorante vital denominado azul de tripano, en solución al 0,4%, y el posterior conteo en una cámara de Newbauer. En el proceso de extracción de las células de su cultivo original, que se realiza con una proteasa denominada trixina, es necesario utilizar una disolución tampón de fosfato potásico (PBS) para bloquear reacciones de envenenamiento celular. La disolución PBS también se ha empleado para lavar las placas con polímero conductor al extraerlas del medio después de la adhesión celular.

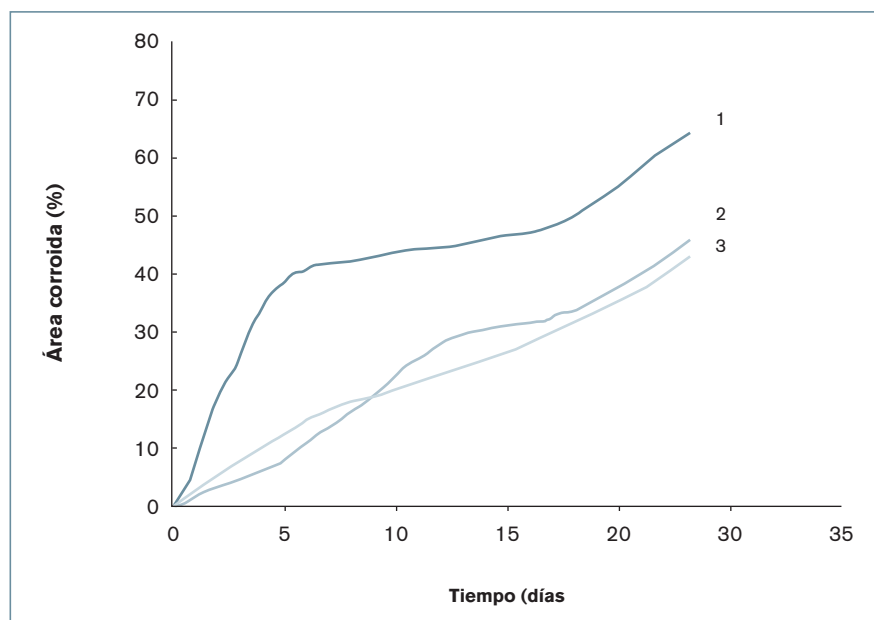


Figura 11. Gráficas de superficie corroída/tiempo para todas las probetas ensayadas. (1) Pintura sin aditivo. (2) Pintura con multicapa 3. (3) Pintura con multicapa 5.

Figura 12. Compartimentos de cultivo de monocapas celulares sobre *films* polímeros conductores.





### Medida de la adhesión celular

En las cubetas se ha introducido la cantidad necesaria de líquido para contener un total de  $5 \times 10^4$  células, el cual se ha puesto en contacto con las placas que contienen polímero conductor. A las 24 h y a las 72 h se ha realizado la verificación del crecimiento de las células sobre las muestras de polímero, sobre placas de acero inoxidable (ensayo en blanco) y sobre una placa de poliestireno estándar con matriz celular, como ensayo de control. La medida del crecimiento celular se ha realizado aplicando el ensayo del MTT (bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5 difeniltetrazolio), basado en la formación de una sal de formazán con la enzima proteasa, contenida en las células (Mosmann T, 1984), cuya concentración en el medio se determina por colorimetría y es directamente proporcional al número de células en la cubeta. La absorbancia medida, denominada viabilidad de las células, se refiere a  $\text{mm}^2$  de superficie.

Las figuras 13a y 13b muestran los resultados de la adhesión de las células sobre el PEDOT, respectivamente, a las 24 h y a las 72 h, respectivamente, de iniciado el cultivo. En la figura 13a se observa la buena adherencia de las células al sustrato polimérico, muy superior

a la del acero y similar a la de la placa de poliestireno (control). Este resultado es interesante debido a que la placa de control lleva matriz celular y, por tanto, su superficie se asemeja a la de un tejido orgánico.

Otro hecho destacable es que en el momento de la proliferación las células en el sustrato polimérico han ocupado mayoritariamente toda la superficie mientras que en el acero no. De ello se deriva el notable crecimiento de las células en la placa de acero al cabo de las 72 horas, debido a la mayor presencia de superficie libre.

### Micromorfología superficial del polímero conductor con células adheridas

Para la verificación visual de la adhesión celular se han realizado fotografías SEM en muestras de PEDOT sólo y con células adheridas. Previamente, las monocapas celulares fueron deshidratadas y recubiertas con grafito en polvo para asegurar su respuesta al haz electrónico.

La figura 14a muestra la superficie del PEDOT sin células aumentada 20.000 veces. En ella puede verse que a este aumento presenta un relieve muy irregular. La figura 14b muestra una de las células de tejido epitelial que forman la monocapa que recubre el polímero.

Puede apreciarse un abundante número de filópodos que parten de la parte central de la célula y forman uniones entre los huecos de la superficie del material.

### Electroactividad del PEDOT recubierto de células

La medida de la electroactividad de los *films* de PEDOT recubierto de células proporciona una información muy importante para determinar la compatibilidad electroquímica de la monocapa celular respecto al polímero conductor, de cara a sus aplicaciones biotecnológicas.

Al tratarse de un material compuesto que contiene materia viva, los voltamperogramas de control no se han podido realizar en acetonitrilo con  $\text{LiClO}_4$ , que es el disolvente habitualmente empleado para estos materiales. En su lugar, el electrodo recubierto de polímero conductor se ha sumergido en una celda con un medio biológicamente favorable: se ha empleado el medio DMEM, en el que se ha hecho crecer las células y que contiene nutrientes y aminoácidos y el medio PBS, que es una disolución tampón empleada para la estabilización y los lavados de las células, también anteriormente mencionada.

Todos los *films* han sido oxidados desde  $-0,500 \text{ V}$  hasta  $1,600 \text{ V}$ , que es el rango de potencial en que el PEDOT presenta una clara electroactividad en medio acetonitrilo con  $\text{LiClO}_4$   $0,1 \text{ M}$  (C. Ocampo et al 2005b, Armelin et al 2007, Oliver et al 2006, Aradilla et al 2007). La figura 15a muestra los voltamperogramas de control en el medio PBS del PEDOT (1), del PEDOT recubierto de la monocapa celular (2) y de la monocapa celular sola sobre el acero (3). La figura 15b muestra los voltamperogramas correspondientes al medio DMEM. En primer lugar, se observa que en el medio PSB la electroactividad del PEDOT (figura 15a-1) es casi igual que la que se obtuvo en trabajos anteriores, mientras que en el medio DMEM (figura 15b-1) se detecta un incremento notable de la densidad de corriente anódica, y una pendiente del pico de oxidación más pronunciada que en el voltamperograma obtenido en el medio PSB.

Esta diferencia se ha interpretado por el hecho de que el DMEM es un medio que contiene una mezcla compleja de nutrientes, asimilable a un fluido biológico, y parece que alguno de estos nutrientes se incorpora al *film*, incrementando su capacidad de formación de polarones electroactivos y, por tanto, su capacidad de oxidación. En cambio el

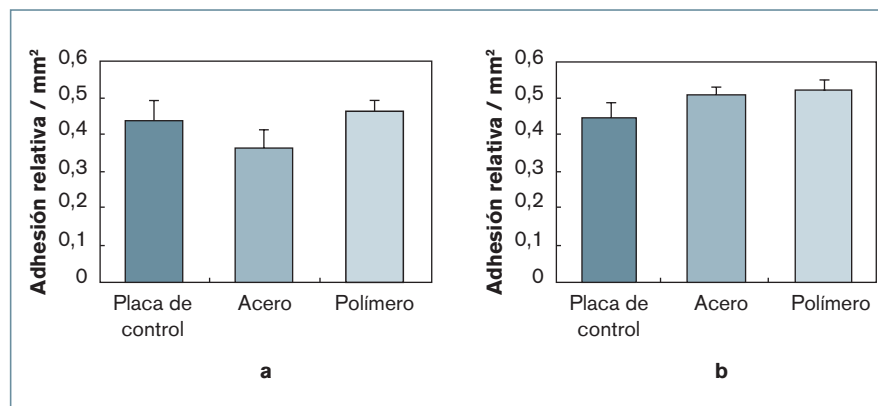
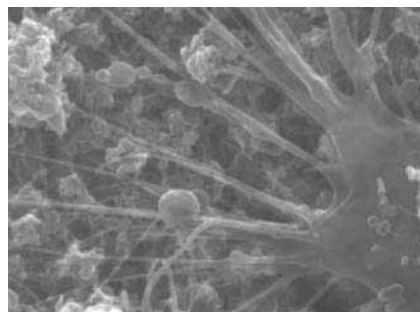
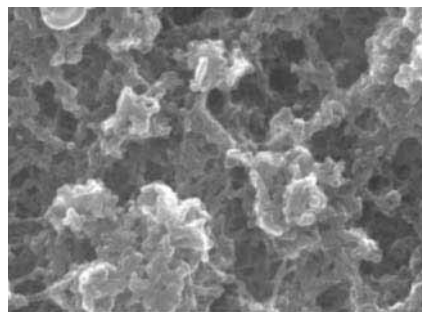


Figura 13. Adhesión de las células a las 24 h (a) y a las 72 (b).

Figura 14. Fotografías SEM de la superficie del polímero conductor: (a) sólo y (b) con células adheridas, a 20.000 aumentos





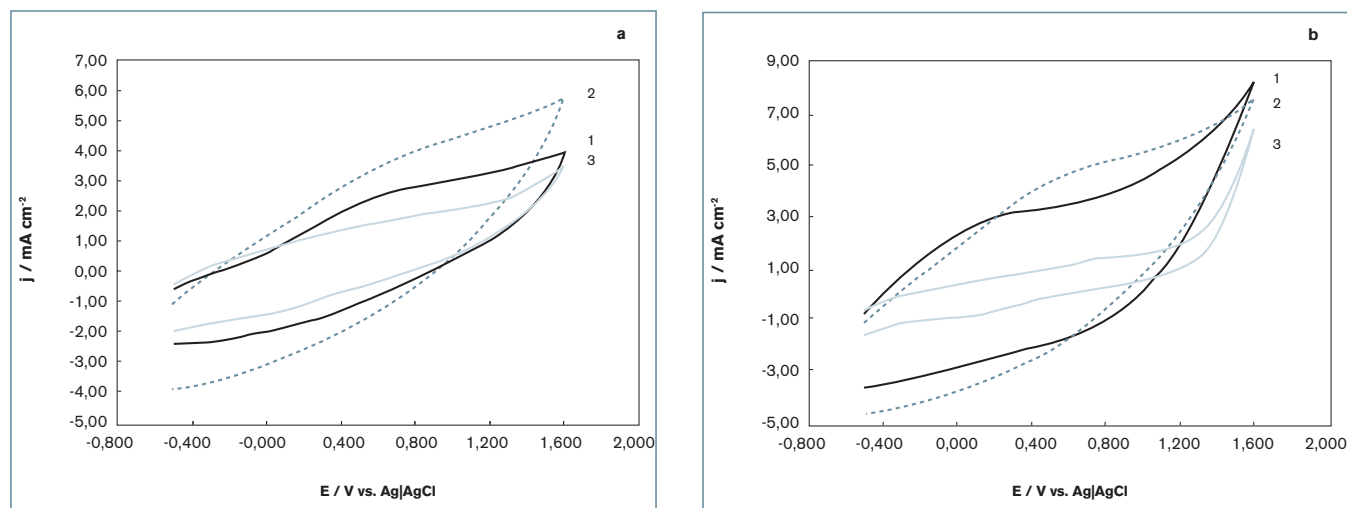


Figura 15. Voltamperogramas de control para la oxidación de: films de PEDOT (curva 1), films de PEDOT recubiertos de una monocapa de células (curva 2) y acero inoxidable recubierto con células (curva 3), en solución tampón PSB (a) y en medio biológico DMEM (b). Los voltamperogramas fueron registrados a  $100 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ . El material fue oxidado entre  $-0,500 \text{ V}$  y  $1,600 \text{ V}$ . Los films de PEDOT fueron preparados según se ha descrito en el apartado de preparación del sustrato y el recubrimiento celular según se ha descrito en la preparación de la población de células.

PBS es una disolución tampón mucho más sencilla, que sólo aporta aniones al PEDOT siguiendo un proceso de dopado que es controlado por el barrido anódico.

Es muy importante destacar el efecto de la monocapa celular sobre el film de PEDOT: como se puede observar en los voltamperogramas de las figuras 15a-2 y 15b-2, la combinación células-PEDOT aumenta la capacidad de almacenamiento de carga del material, como refleja el aumento de las áreas de oxidación y reducción respecto a las de los voltamperogramas de control del PEDOT en los correspondientes medios. Curiosamente, dicho efecto es mucho más notable en el medio PSB que en el medio DMEM y, además, esto es coincidente con la electroactividad de la monocapa celular, que es mucho mayor en el medio PSB (figura 15a-3) que en el medio DMEM (figura 15b-3). Parece ser que el efecto tamponador del pH del medio PSB proporciona a las células vivas un entorno lo suficientemente estable como para reaccionar ante el barrido anódico e incorporar aniones a través de sus membranas, mientras que el medio DMEM no les facilita dicha estabilidad iónica, y la monocapa apenas reacciona ante el estímulo eléctrico. En resumen, la voltamperometría cíclica demuestra la electrocompatibilidad entre la monocapa celular y el *film* de PEDOT, siendo la magnitud de este efecto claramente dependiente del medio en el que se realiza el voltamperograma de control.

Los resultados expuestos indican que el PEDOT tiene una buena afinidad por

las monocapas celulares y que este recubrimiento biológico es electrocompatible con el polímero en cuanto a la capacidad de almacenamiento de carga. Esto hace que el PEDOT sea un buen candidato para diversas aplicaciones biotecnológicas e incluso médicas, como componentes de transmisión eléctrica en piezas ortopédicas, músculos artificiales, y en la fabricación de biosensores.

### Conclusiones

Los compuestos multicapa formados por films alternados de PEDOT y PNMePy maximizan la relación entre la electroactividad y la estabilidad electroquímica del conjunto. Su capacidad de almacenamiento de carga aumenta con el número de capas, habiéndose determinado como óptimos los compuestos de tres y cinco capas, para los que el incremento relativo de la electroactividad es el mayor. El aumento de electroactividad se ha relacionado con el incremento de superficie específica del material al superponer las capas de polímeros diferentes, lo que se ha verificado cualitativamente por microscopía SEM.

Con los compuestos multicapa 3 y 5 se aditivaron al 0,1% pinturas anticorrosivas de base epoxi, y se ha estudiado se efecto protector de la corrosión del acero en ambiente marino, realizando ensayos acelerados de corrosión en un robot automático durante 28 días. Se han ensayado probetas con pintura sin aditivar, con pintura aditivada con multicapa 3 y con multicapa 5. En todas ellas se ha practicado un corte en forma de aspa, para conseguir las condiciones lo más agresivas posible.

Todas las probetas una vez extraídas del robot han sido sometidas a raspado, y se ha medido la superficie afectada por la corrosión en la zona donde ha saltado la pintura. El efecto de la adición de las multicapas a la pintura de base epoxi ha resultado bueno, pues la superficie corroída es, con diferencia, mucho menor en las probetas de pintura con aditivo que en las probetas preparadas con pintura sola. Si bien no se han apreciado claras diferencias entre los resultados de cada una de las multicapas, se han confirmado las expectativas de que un material con una elevada electroactividad es un componente activo de recubrimientos protectores de la corrosión. Existe la ventaja adicional de que, al ser estructuras con propiedades redox reversibles, se puede estudiar la aplicación intermitente de potenciales negativos sobre la superficie protegida para conseguir, al menos en parte, la regeneración de la capacidad de almacenamiento de carga del polímero conductor, alargando así la vida útil protectora del recubrimiento.

En cuanto a los estudios de adhesión celular, se ha verificado que células de cáncer de laringe tienen una buena adherencia sobre el polímero conductor PEDOT, mejor que sobre el acero. Se ha realizado también la comprobación de la notable adhesión de las células a la superficie del polímero a escala microscópica, con fotografías SEM.

Se ha estudiado la electroactividad del PEDOT recubierto de una monocapa celular, comparándola con el PEDOT sin recubrimiento biológico, empleando los medios DMEM y PBS. Por un lado,

se ha determinado que el PEDOT tiene mayor electroactividad en el medio DMEM, que es el que tiene una composición más compleja, con nutrientes biológicos que, al parecer, interactúan con el PEDOT y activan su capacidad de incorporación de cargas. Este es precisamente el efecto positivo que se ha observado en el PEDOT con recubrimiento celular: un claro incremento de la electroactividad respecto al PEDOT sin células, efecto que ha sido más notable, obviamente, en el medio PBS, en el que la electroactividad del PEDOT sin recubrimiento celular es menor. Esta electrocompatibilidad entre el PEDOT y la monocapa celular lo hace candidato a diversas aplicaciones biotecnológicas e incluso médicas, como componentes de transmisión eléctrica en piezas ortopédicas, músculos artificiales, y en la fabricación de biosensores.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia la financiación del Proyecto MAT2006-4029. También dedican un reconocimiento muy especial a David Aradilla Zapata, del grupo IMEM, por su contribución directa en muchos de los resultados que se han recogido en el presente artículo, y a Ramón Oliver Pujol, también del grupo IMEM, por sus aportaciones en distintas fases de los estudios que han sido expuestos.

#### Bibliografía

- Alemán C, Oliver R, Brillas E et al (2005). A combined theoretical and experimental investigation about the influence of the dopant in the anionic electropolymerization of -tetrahydrofuran. *Chem Phys* 314: 1-7.
- Alemán C, Oliver R, Brillas E et al (2006). A combined theoretical and experimental investigation about the influence of the dopant in the anodic electropolymerization of -tetrahydrofuran. *Chem Phys* 323: 407-12.
- Aradilla D, Ocampo C, Armelin E et al (2007). Application of multilayered particles formed by poly(3,4-ethylenedioxythiophene) and poly(*n*-methylpyrrole) as anti-corrosive additives of conventional organic coatings. *Materials and Corrosion* 58: 867-72.
- Armelin E, Oliver R, Liesa F et al (2007). Marine paint formulations: conducting polymers as anticorrosive additives. *Progress in Organic Coatings* 59: 46-52.
- Brillas E, Carrasco J, Oliver R. et al (2000). Electropolymerization of 2,5-di-(2-thienyl)-pyrrole in ethanolic medium. effect of solution stirring on doping with perchlorate and chloride ions. *Electrochim Acta* 45: 4049-57.
- Brillas E, Oliver R, Estrany F, Rodríguez E, Tejero S (2002). Anodic polymerization of -tetrahydrofuran in organic medium. doping with perchlorate ion and properties of conducting polymer. *Electrochim. Acta* 47: 1623-31.
- Chandrasekhar P (1999). *Conducting Polymers, Fundamentals and Applications. A practical approach*. Springer Netherlands. ISBN: 0792385640.
- Del Valle LJ, Aradilla D, Oliver R et al (2007). Cellular adhesion and proliferation on poly(3,4-ethylenedioxythiophene): benefits in the electroactivity of the conducting polymer. *European Polymer Journal* 43: 2342-9.
- Dietrich M, Heinze J, Heywang G et al (1994). Electrochemical and spectroscopic characterization of polyalkylenedioxythiophenes. *J Electroanal Chem* 369: 87-92.
- Estrany F, Oliver R, García E et al (2003). Electro-generation of conducting poly(1,4-tetrathiothiophene). Effect of solution stirring and detection of linear oligomers. *Collect Czech Chem Commun* 68: 1326-44.
- Estrany F, Oliver R, Cabot P L et al (2006). Effect of monomer molecular flow on electrode surface on the structure of poly(1,4-tetrathiothiophene) obtained by anodic polymerization. *European Polymer Journal* 42: 563-72.
- Estrany F, Aradilla D, Oliver R et al (2007). Electroactivity, electrochemical stability and electrical conductivity of multilayered films containing poly(3,4-ethylenedioxythiophene) and poly(*n*-methylpyrrole). *European Polymer Journal* 43: 1876-82.
- Fahlman M, Groenendaal L, Schryver F et al (2003). Conductivity, morphology, interfacial chemistry, and stability of poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate): a photoelectron spectroscopy study. *J Polym Sci: Polym Phys B*. 41: 2561-83.
- Fernández Otero T, Rodríguez J (1993). Kinetics of polypyrrole electrogeneration on Pt through tafel slopes. *Synth Met* 55: 1436-40.
- Fernández Otero T, Rodríguez J (1994). Role of protons on the electrochemical polymerization of pyrrole from acetonitrile solutions. *J Electroanal Chem* 379: 513-6.
- Fernández Otero T (2003). Polímeros conductores: síntesis, propiedades y aplicaciones electroquímicas. *Revista iberoamericana de polímeros* 4:1-37.
- Grgur BN, Krstajic NV, Vojnovic MV et al (1998). The influence of polypyrrole films on the corrosion behavior of iron in acid sulfate solutions. *J Prog Org Coat* 33: 1-6.
- Groenendaal B L, Jonas F, Freitag D et al (2000). Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) and its derivatives: past, present, and future. *Adv Mater* 12: 481-94.
- Heywang G, Jonas F (1992). Poly(alkylenedioxythiophene)s. New, very stable conducting polymers. *Adv Mater* 4: 116-8.
- Iribarren JI, Cadena F, Liesa F (2005). Corrosion protection of carbon steel with thermoplastic coatings and alkyd resins containing polyaniline as conductive polymer. *Prog Org Coat* 52: 151-60.
- Jonas F, Krafft E, Muys B (1995). Poly(3,4-ethylenedioxythiophene). Conductive coatings, technical applications and properties. *Macromol Symp* 100: 169-73.
- Kousik G, Pitchumani S, Renganathan NG (2001). Electrochemical characterization of polythiophene-coated steel. *Prog Org Coat* 43: 286-91.
- Liesa F, Ocampo C, Alemán C et al (2006). Application of electrochemically produced and oxidized poly(3,4-ethylenedioxythiophene) as anticorrosive additive for paints: influence of the doping level. *Journal of Applied Polymer Science* 102: 1592-9.
- Mosmann T (1983). Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal Immunol Methods* 65 (1-2): 55-63.
- Nalwa HS (1997). *Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers* Ed. John Wiley & Sons Ltd., New York. ISBN: 0471965936.
- Ocampo C, Armelin E, Liesa F et al (2005). Application of a polythiophene derivative as anticorrosive additive for paints. *Prog Org Coatings* 53: 217-24.
- Ocampo C, Oliver R, Armelin E et al (2006). Electrochemical synthesis of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) on steel electrodes: properties and characterization. *Journal of Polymer Research* 13: 193-200.
- Ocampo C, Alemán C, Oliver R et al (2007a). Copolymers of *N*-methylpyrrole and 3,4-ethylenedioxythiophene: structural, physical and electronic properties. *Polymer International* 56: 803-9.
- Ocampo C, Armelin E, Estrany F et al (2007b). Copolymers of 3,4-ethylenedioxythiophene and 3-methylthiophene: properties, applications and morphologies. *Macromolecular Materials and Engineering* 292: 85-94.
- Oliver R, Muñoz A, Ocampo C et al (2006). Electrochemical characteristics of copolymers electrochemically synthesized from *N*-methylpyrrole and 3,4-ethylenedioxythiophene on steel electrodes: comparison with homopolymers. *Chemical Physics* 328: 299-306.
- Pei Q, Zuccarello G, Ahlskog M et al (1994). Electrochromic and highly stable poly(3,4-ethylenedioxythiophene) switches between opaque blue-black and transparent sky blue. *Polymer* 35: 1347-51.
- Scrosati B (1993). *Application of Electroactive Polymers*. Chapman and Hall. London. ISBN: 0412414309.
- Timpanaro S, Kemerink M, Touwslager FJ et al (2004). Morphology and conductivity of PEDOT/PSS films studied by scanning-tunneling microscopy. *Chem Phys Lett* 394: 339-43.
- Wei Y, Wang J, Jia X et al (1995). Polyaniline as corrosion protection coatings on cold rolled steel. *Polymer* 36: 4535-7.
- Wessling, B (1994). Passivation of metals by coating with polyaniline: corrosion potential shift and morphological changes. *Adv Mat* 6: 226-8.

#### Francesc Estrany Coda

francesc.estrany@upc.edu

Doctor en Química. Ingeniero Técnico en Química Industrial. Profesor agregado del Departamento de Ingeniería Química. EUETIB, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Grupo IMEM del Departamento de Ingeniería Química de la UPC. Centro de Investigación en Nanoingeniería (CRnE) de la UPC.

#### Carlos Alemán Llansó

Doctor en Química. Catedrático del Departamento de Ingeniería Química. ETSEIB (UPC). Grupo IMEM del Departamento de Ingeniería Química de la UPC. Centro de Investigación en Nanoingeniería (CRnE) de la UPC.

#### Elaine Armelin Diggroc

Doctora en Química. Profesora agregada del Departamento de Ingeniería Química. ETSEIB (UPC). Grupo IMEM del Departamento de Ingeniería Química de la UPC. Centro de Investigación en Nanoingeniería (CRnE) de la UPC.

#### Jordi Casanovas Salas

Doctor en Química. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Química (UdL). Grupo IMEM del Departamento de Ingeniería Química de la UPC.

# Diseño de una plantadora mecánica de patatas

Manuel Solaguren-Beascoa Fernández

*Design of a mechanical potato planter*

## RESUMEN

Existe una gran cantidad de máquinas plantadoras de patatas, desde semiautomáticas que requieren la presencia de un operario, hasta completamente automáticas provistas de la más moderna tecnología electrónica. El empleo de una máquina u otra depende, principalmente, de la extensión de la superficie que se ha de cultivar (por la rentabilidad de la máquina). La mejora en la eficiencia de estas máquinas supone beneficios tanto para el agricultor como para el medio ambiente. En este trabajo se diseña una plantadora accionada y controlada únicamente mediante elementos mecánicos y que permita regular todos los parámetros que intervienen en el proceso de plantación de patatas, por lo que se convierte en apta para un amplio abanico de explotaciones. El resultado es un diseño versátil que conjuga la sencillez, la fiabilidad y el fácil mantenimiento de una máquina puramente mecánica con la precisión, velocidad y control del proceso de las más sofisticadas máquinas controladas de forma electrónica.

Recibido: 30 de septiembre de 2010  
Aceptado: 30 de noviembre de 2010

## ABSTRACT

*There is a great variety of potato planters, from semiautomatic, that need the presence of a workman, even completely automatic provided with the most modern electronic technology. The employment of a machine or another depends principally on the extension of the surface to cultivate (profitability of the machine). The improvement in the efficiency of these machines is beneficial both to the agrarian and the environment. In this work, a planter is designed to be driven and controlled only mechanically, which allows regulating all the parameters in the potato planting process, being suitable for a variety of crops. The result is a versatile design that brings together the simplicity, reliability and easy maintenance of a purely mechanical machine with the precision, speed and control of the process of the most sophisticated machines controlled of electronic form.*

Received: September 30, 2010  
Accepted: November 30, 2010

## Palabras clave

Maquinaría, agricultura, automatización, mecanización

## Keywords

Machinery, agriculture, automation, mechanization





Foto: Pictelia

## Introducción

Para conseguir una producción de patatas rentable se deben planificar muchas labores. Uno de los aspectos más importantes es la plantación, en el que es imprescindible la combinación adecuada de cuatro factores: una patata de siembra sana y de la correcta edad fisiológica, un lecho adecuado, una fecha adecuada para la plantación y una plantación cuidadosa (Baarveld et al, 2002). El método lento y laborioso de plantar manualmente las patatas ha sido sustituido en gran parte por plantadoras total o parcialmente automáticas (figura 1), que abren un surco, colocan las patatas de siembra a la distancia conveniente, abonan si es necesario y cubren el tubérculo con la profundidad de tierra precisa.

Hay una gran diversidad de máquinas plantadoras de patatas. En pequeñas y medianas explotaciones aún siguen empleándose las mecánicas, sencillas y de bajo coste; mientras que en grandes explotaciones, la maquinaria moderna hace uso de sensores y actuadores controlados electrónicamente que permiten regular todos los parámetros de la plantación. Si bien estas últimas máquinas consiguen una mayor uniformidad en la plantación y minimizan los daños a los brotes del tubérculo, las plantadoras

mecánicas poseen una mayor robustez, bajo coste y fácil mantenimiento. En los tiempos difíciles que corren hoy en día para el agricultor y para el medio ambiente, la optimización de las máquinas mecánicas, e incluso el retorno a su uso en ciertas explotaciones, puede suponer una mayor eficiencia, con el consiguiente impacto ambiental menor. En este proyecto, en el que han colaborado alumnos de ingeniería técnica industrial e ingeniería técnica agrícola de la Universidad de Burgos bajo la dirección del autor, se ha pretendido tomar lo mejor de las máquinas existentes en el mercado para diseñar una plantadora mecánica tan eficiente como las más modernas, que permita regular todos los parámetros que intervienen en el proceso de plantación y hacerla así apta para todo tipo de explotaciones.

## Descripción de la máquina

Tras un análisis detallado del proceso de plantación y de las características de los modelos de máquinas plantadoras existentes en el mercado, se obtuvieron las siguientes características exigibles al diseño de la máquina plantadora de patatas:

- Plantación uniforme, sin fallos ni plantas múltiples, aunque varíe la velocidad.

- No producir daños a los brotes del tubérculo.

- Adaptabilidad a la plantación simultánea de distinto número de surcos.

- Regulación de la separación entre surcos.

- Regulación de la distancia entre tubérculos en el surco.

- Ajuste de la profundidad y el recubrimiento de los tubérculos.

- Posibilidad de acoplar un distribuidor de gránulos (plaguicida o fertilizante).

- Autonomía para reducir al mínimo los tiempos muertos.

- Adaptación al relieve del terreno.

- Polivalencia para otro tipo de cultivos (como cebollas o ajos).

- Adaptabilidad a grandes y pequeños tractores.

- Interrupción del proceso y sistema antirretorno cuando el tractor da marcha atrás.

- Facilidad de llenado, vaciado, mantenimiento y transporte.

A continuación, se describen las principales características de la máquina, cuyo primer diseño puede observarse en la figura 2.

## Sistema de transmisión de potencia

El accionamiento de todo el mecanismo se realiza mediante las ruedas portadoras del conjunto, que transmiten el movi-



Figura 1. Siembra manual, semiautomática y automática.

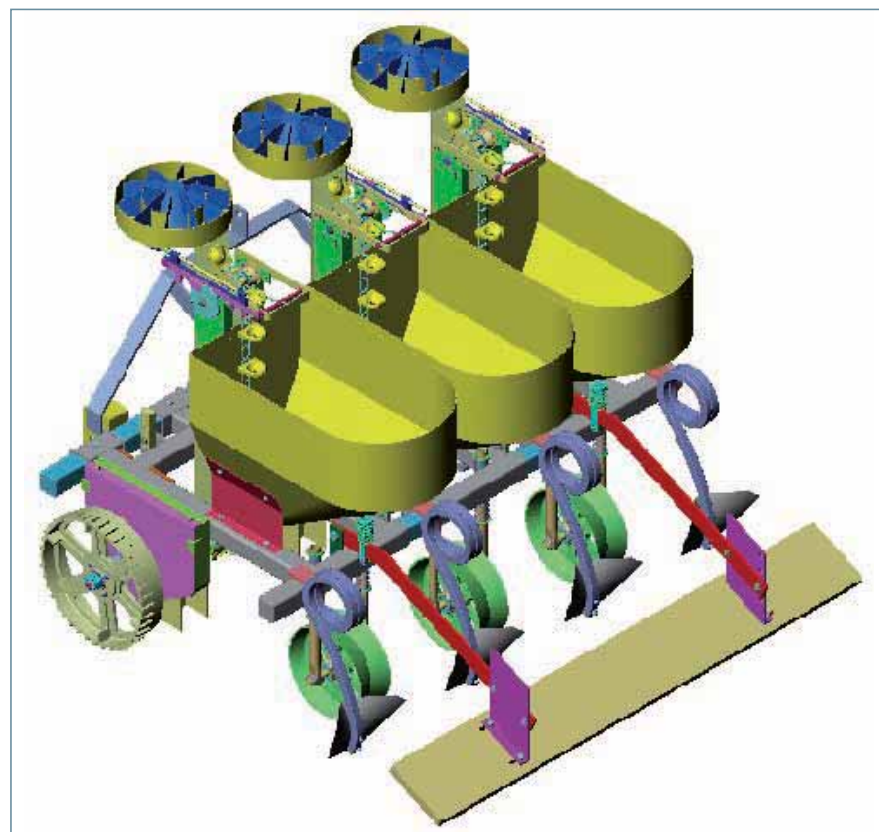


Figura 2. Máquina plantadora de patatas en disposición trisurco.

miento al sistema de alimentación de patatas. De esta forma, se conserva la uniformidad de plantación independientemente de la velocidad del tractor. La transmisión incluye un sistema antirretorno, embrague de desconexión y tren de engranajes para la regulación de la distancia entre golpes de plantación (figura 3).

#### Sistema de alimentación

El sistema empleado para la alimentación automática es el de cadena de cangilones (figura 4). Los cangilones tienen forma de cuchara ampliamente dimensionada que toma, al pasar por la cámara de distribución, una o varias patatas. Al salir de la cámara un solo tubérculo queda sobre el cangilón y los demás caen de nuevo a la tolva. Las patatas utilizadas han de ser de tipo redondeado (factor de forma inferior a 0,25) y calibradas, que es la forma en que habitualmente se suministran para siembra.

Para la adaptación de distintos tamaños de patatas la cadena de cangilones es intercambiable. Aun así, siempre es necesario un sistema corrector de errores, pues puede producirse tanto un fallo

Figura 3. Despiece del sistema de transmisión de potencia.

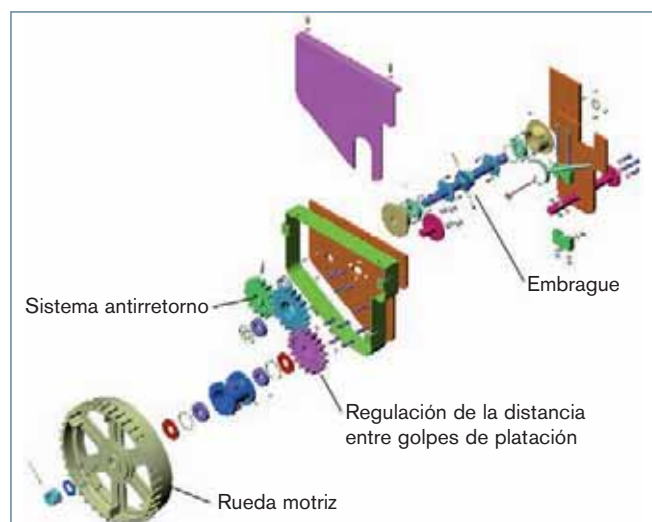
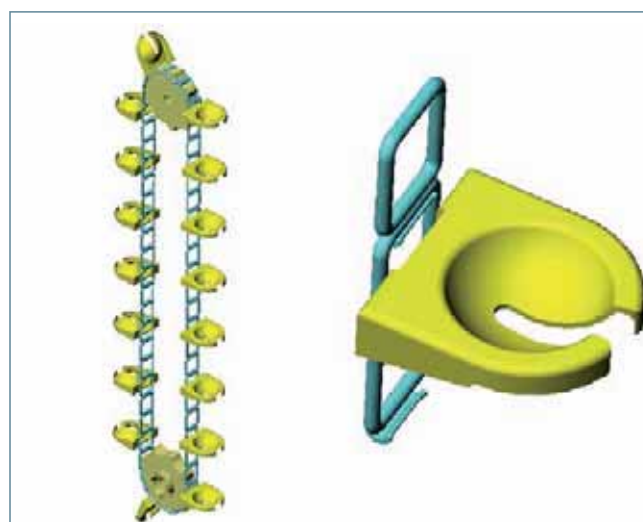


Figura 4. Cadena de cangilones y detalle de un cangilón.





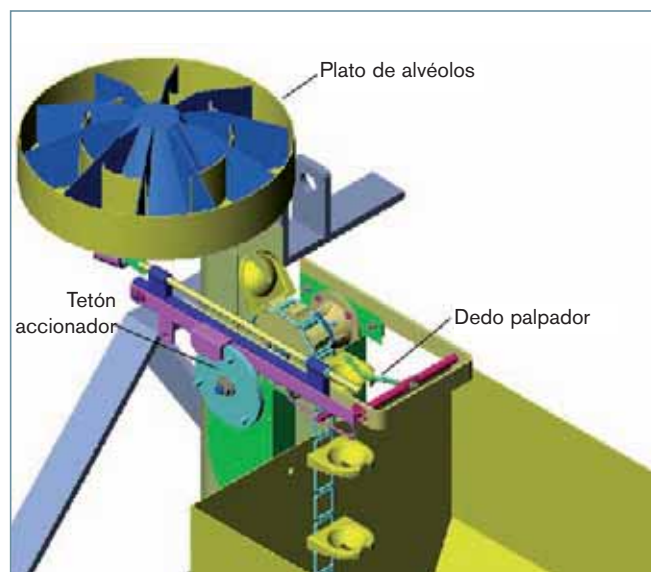


Figura 5. Sistema corrector de fallos.

(cangilón vacío) como una plantación múltiple (dos patatas en el cangilón). El sistema corrector empleado (figura 5) consiste en un plato de alvéolos con capacidad para 20 tubérculos. En el recorrido de la cadena un dedo palpador controla la presencia de patata en el cangilón. En caso de falta, el palpador acciona el sistema corrector, que deposita una patata en el cangilón vacío.

Este sistema corrige los fallos, pero no las plantaciones múltiples; para ello el diámetro del cazo del cangilón no debe ser superior a 1,3 respecto al de la patata calibrada (figura 6). La capacidad del plato de alvéolos es la adecuada a la capacidad máxima de la tolva, de modo que la carga de ambos depósitos se realizará en la misma parada (Ortiz Cañabate et al, 1989; Ortiz Cañabate, 1995).

#### Regulación de la separación entre surcos

Dependiendo de las condiciones de crecimiento de la planta (tipo de suelo, temperatura, humedad, etcétera), es necesario regular la distancia entre surcos. Unas condiciones favorables permiten menor separación y, por tanto, mejor distribución de tallos. Cuando las condiciones son desfavorables, es necesario hacer caballones grandes que protejan los tubérculos, para lo cual la distancia entre surcos debe ser mayor (Baarveld et al, 2002). La regulación de la distancia entre surcos se consigue mediante el desplazamiento de los elementos a lo largo del chasis y la eliminación de alguna de las tolvas, teniendo siempre en cuenta que el ancho de vía de las ruedas del tractor debe ser múltiplo de la separación entre

surcos. Como, a su vez, la inmensa mayoría de los modelos de tractores tienen dispositivos para poder variar el ancho de vía (Guadilla, 1989), la combinación de ambos factores permite cultivar en surcos separados dentro del rango usual, de 50 cm a 100 cm.

#### Regulación de la distancia entre tubérculos en el surco

Los agricultores que deseen producir patatas de tamaño pequeño (28-45 mm) para venderlas como patatas de siembra deben obtener una densidad de tallos elevada, entre 30 y 45 tallos por metro cuadrado (dependiendo de la variedad, del suelo y del clima). Para producir tubérculos grandes (> 55 mm) para su venta a la industria, es suficiente con obtener entre 15 y 20 tallos por metro cuadrado. La media de brotes del tubérculo que se planta da una idea fiable del número de tallos que se pueden esperar. Todo esto determina la distancia necesaria entre los tubérculos en el surco (Baarveld et al, 2002).

Figura 7. Sistema regulador de la distancia entre golpes de plantación.

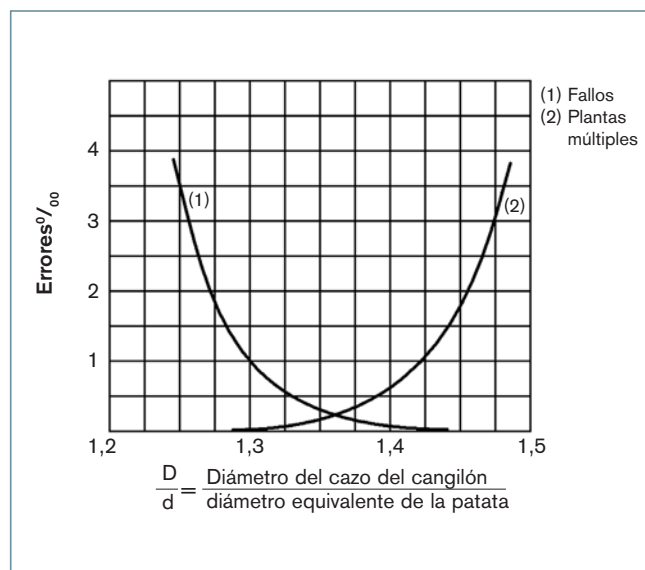
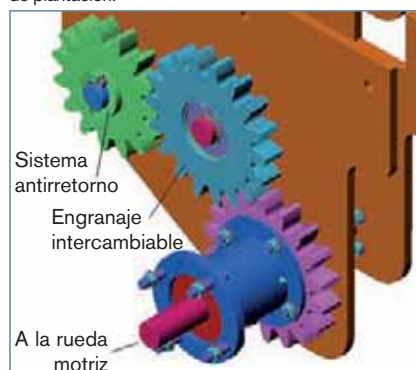


Figura 6. Estadística de errores en la captación de patatas mediante cangilones.

La distancia entre golpes de plantación se modifica variando la velocidad del distribuidor, para lo cual la máquina está equipada con una serie de engranajes (véase la figura 7) que permiten modificar el número de vueltas del distribuidor para una misma longitud de terreno recorrida por la máquina. La intercambiabilidad del juego de engranajes facilita la regulación de la distancia entre golpes en el margen usual, de 20 cm a 60 cm. En la misma figura 7 se observa el sistema antirretorno de la cadena de cangilones, consistente en un pasador que evita la transmisión de movimiento cuando el tractor realiza alguna maniobra marcha atrás.

#### Ajuste de la profundidad y el recubrimiento de los tubérculos

La profundidad a la que se entierra el tubérculo debe adaptarse a las condiciones del suelo. En condiciones de crecimiento normales, el tubérculo deberá estar a ras de la superficie, a unos 5 cm (figura 8). Como el suelo en las capas más profundas se seca más lentamente que en la superficie, en condiciones secas se deben sembrar los tubérculos a mayor profundidad (Ortiz Cañabate et al, 1989; Ortiz Cañabate, 1995). La mayor profundidad también es importante para luchar contra la polilla de la patata (Baarveld et al, 2002). Por el contrario, se tendrá que pasar una gran cantidad de tierra por la arrancadora durante la recolección mecánica, situación problemática cuando el suelo sea pesado. La regulación de la profundidad y el recubrimiento de los tubérculos se realiza con los husillos que modifican la posición de las rejas con respecto al chasis de la máquina.



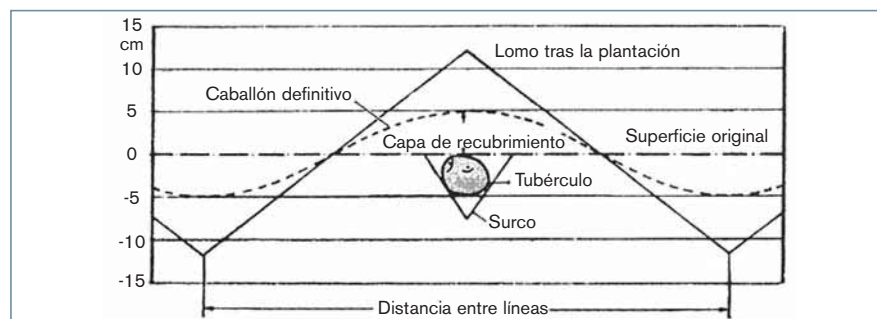


Figura 8. Posición correcta del tubérculo en el terreno.

### Otras características

Aparte del control de los parámetros de colocación de la patata en la tierra, otros sistemas con los que está equipada la máquina son:

- Sistema antirretorno para que no funcione en sentido inverso.
- Embrague de desconexión.
- Sistema de enganche universal para todo tipo de tractores.
- Accesorio abonador o distribuidor de gránulos.

### Conclusiones

La mayoría de pequeñas y medianas explotaciones usan máquinas rudimentarias, muchas veces de tipo semiautomático. En

gran parte de estas explotaciones se podría incrementar notablemente la producción y reducir costes en maquinaria y mantenimiento. Esta ineficiencia se debe, en unas ocasiones, al desconocimiento de las variables que afectan a la plantación de la patata, y, en otras, a que la maquinaria no permite el control de dichas variables. Por el contrario, en las grandes explotaciones el agricultor suele tener a su disposición la más moderna tecnología para controlar minuciosamente todos los factores de la plantación, con un mayor coste.

El diseño expuesto mantiene la simplicidad, bajo coste y fácil mantenimiento de una máquina mecánica como las que se emplean en la actualidad en pequeñas

y medianas explotaciones; pero a diferencia de éstas, permite una flexibilidad total en la regulación de los parámetros de plantación.

### Agradecimientos

A los estudiantes participantes en este trabajo: Laura Moreno Delgado, Alberto Bernal Bernal y Rubén Martínez Saldaña.

### Bibliografía

- Baarveld HR, Peeten HMG, Sterk TA (2002). *El cultivo de patatas profesional*. Editorial NIVAA, Zoetermeer, Holanda.
- Guadilla A (1989). *Tractores: mecánica, reparación y mantenimiento*. Ediciones CEAC, Barcelona, España.
- Ortiz Cañavate J, Hernanz JL (1989). *Técnica de la mecanización agraria*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Ortiz Cañavate J (1995). *Las máquinas agrícolas y su aplicación*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Manuel Solaguren-Beascoa Fernández

msolaguren@ubu.es

Doctor ingeniero industrial e ingeniero técnico industrial. Profesor del Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos.

**KONECRANES**  
Lifting Businesses

**LÍDER MUNDIAL EN TECNOLOGÍA Y SERVICIO**

Konecranes es el líder mundial en sistemas de elevación.

[www.konecranes.com/es](http://www.konecranes.com/es)

Konecranes es un grupo líder elevando negocios (Lifting Businesses) y dando servicio a un gran abanico de clientes, incluyendo industrias de fabricación, industrias de procesos, astilleros, puertos y terminales. Konecranes ofrece soluciones de elevación que mejoran la productividad, así como servicios en equipos de elevación de todas las marcas. En 2009 las ventas superaron los 1.671 millones EUR. Konecranes emplea a 9.800 personas en 545 delegaciones en 43 países.

SERVICIO, ELEVACIÓN LIBRE, GRUAS INDUSTRIALES, GRUAS DE PROCESO, GRUAS PORTÁTILES, CARRETERAS PESADAS, YARD IT

Konecranes Ausiö S.L.U. - Ctra. San Hipólito, 16, 08500 Vic (BCN)  
T 93 080 04 22 - F 93 080 08 70

**PREPARACIÓN A DISTANCIA Y PRESENCIAL**

**CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA**

<ul style="list-style-type: none"> <li>FILOSOFÍA</li> <li>LATÍN Y CULTURA CLÁSICA</li> <li>GRIEGO Y CULTURA CLÁSICA</li> <li>LENGUA CASTELLANA Y LINGÜÍSTICA</li> <li>GEOGRAFÍA E HISTORIA</li> <li>MATEMÁTICAS</li> <li>FÍSICA Y QUÍMICA</li> <li>BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA</li> <li>BALEARES</li> <li>FRANCÉS</li> <li>ALEMÁN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MÚSICA</li> <li>EDUCACIÓN FÍSICA</li> <li>PSICOLOGÍA Y PEDAGOGÍA</li> <li>TECNOLOGÍA</li> <li>ECONOMÍA</li> <li>FORMACIÓN Y ORIENTACIÓN LABORAL</li> <li>ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS</li> <li>ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN COMERCIAL</li> <li>INFORMÁTICA</li> <li>ORGANIZACIÓN Y PROYECTOS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DE FABRICACIÓN MECÁNICA</li> <li>ORGANIZACIÓN Y PROCESOS DE VEHÍCULOS</li> <li>ORGANIZACIÓN Y PROYECTOS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS Y AUTOMÁTICOS</li> <li>SISTEMAS ELECTROTECNICOS Y AUTOMÁTICOS</li> <li>SISTEMAS ELECTRONICOS</li> <li>CONSTRUCCIONES CIVILES Y EDIFICACIÓN</li> <li>PROCESOS DIAGNÓSTICOS QUÍMICOS Y ORTOPÉDICOS</li> <li>PROCESOS SANITARIOS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PROCESOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA</li> <li>INTERVENCIÓN SOCIOCOMUNITARIA</li> <li>HOTELERÍA Y TURISMO</li> <li>PROCESOS Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN</li> <li>ASESORÍA Y PROCESOS DE IMAGEN PERSONAL</li> <li>ANÁLISIS Y QUÍMICA INDUSTRIAL</li> <li>PROCESOS DE PRODUCCIÓN AGRARIA</li> </ul>
--	--	---	--

**PROFESORES TÉCNICOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL**

<ul style="list-style-type: none"> <li>PROCESOS DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA</li> <li>PROCESOS COMERCIALES</li> <li>SISTEMAS Y APLICACIONES INFORMÁTICAS</li> <li>MECANISMO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS</li> <li>SOLADORA</li> <li>INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS TÉRMICOS Y DE FLUIDOS</li> <li>MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS</li> <li>INSTALACIONES ELECTROTÉCNICAS</li> <li>EQUIPOS ELECTRONICOS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OFICINA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN</li> <li>PROCEDIMIENTOS SANITARIOS Y ASISTENCIALES</li> <li>PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICO CLÍNICO Y ORTOPÉDICO</li> <li>OPERACIONES Y EQUIPOS DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS</li> <li>SERVICIOS A LA COMUNIDAD</li> <li>COCINA Y PASTISERÍA</li> <li>SERVICIOS DE RESTAURACIÓN</li> <li>TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE IMAGEN Y SONIDO</li> <li>OPERACIONES DE PRODUCCIÓN AGRARIA</li> </ul>
--	--

**CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ESCUELA OFICIAL DE IDIOMAS**

- INGLÉS	- ESPAÑOL	- FRANCÉS	- ALEMÁN
----------	-----------	-----------	----------

**MAESTROS DE ENSEÑANZA PRIMARIA**

<ul style="list-style-type: none"> <li>EDUCACIÓN PRIMARIA</li> <li>EDUCACIÓN INFANTE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>INGLÉS</li> <li>FRANCÉS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EDUCACIÓN FÍSICA</li> <li>AUDICIÓN Y LENGUAJE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EDUCACIÓN MUSICAL</li> <li>PEDAGOGÍA TERAPÉUTICA</li> </ul>
---	---	---	--

**CEDE** C/ CARTAGENA, 129 - 28002 MADRID  
TELS.: 91 564 42 94 - FAX: 91 563 60 54  
[www.cede.es](http://www.cede.es) - E-mail: [oposiciones@cede.es](mailto:oposiciones@cede.es)



**Nebrija**  
Universidad  
*La Universidad en Vivo*

# LIVING NEBRIJA LIVING UNIVERSIDAD



## CURSOS DE ACCESO al título oficial de

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA** para  
INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES de  
especialidad MECÁNICA

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL** para INGENIEROS  
TÉCNICOS INDUSTRIALES de especialidad  
ELECTRÓNICA

Curso de Adaptación a Grado aprobado por la ANECA

### Modalidad "A DISTANCIA"

Gracias a la modalidad "a distancia" podrá compatibilizar el curso con su actividad profesional. La Universidad proveerá al alumno de una plataforma de teleformación *on-line* a la que podrá acceder para la descarga de contenidos, ejercicios, etc., así como para cualquier consulta o duda que se pueda plantear a los tutores de las asignaturas en el desarrollo del curso.

El contenido de estos cursos depende del programa cursado en la universidad de origen (se podrá obtener un reconocimiento de créditos por experiencia profesional). La Universidad Nebrija realizará un estudio personalizado de convalidaciones en función del plan de estudios cursado.

**Duración** Dos cursos anuales. **Comenzarán en marzo y octubre de 2011 con una duración de 5 meses cada uno**

**Plazo de inscripción** se abrirá 4 meses antes del comienzo de cada curso

**Información e inscripciones** [gradoelectronica@nebrija.es](mailto:gradoelectronica@nebrija.es)  
[gradomecanica@nebrija.es](mailto:gradomecanica@nebrija.es)  
Tel.: 91 452 11 00

[www.nebrija.com](http://www.nebrija.com)

# Herramientas de redes neuronales para ingeniería de procesos industriales

Jordan Espina Lázaro, Javier A. García Sedano y Jesús M. Larrañaga Lesaca

*Neural network tools for industrial process engineering*

## RESUMEN

El uso de herramientas de inteligencia artificial, como las redes neuronales artificiales (RNA), es cada vez más habitual en distintos ámbitos industriales como pueden ser el control de procesos y de la calidad y la predicción de fallos operacionales. Existen herramientas basadas en RNA capaces de facilitar aspectos de la ingeniería de procesos con un esfuerzo de aprendizaje relativamente pequeño, hasta el punto de que algunas de esas herramientas pueden ser usadas como funciones o *plug-in* de hojas de cálculo comerciales, sumando su potencia computacional a las funciones de cálculo y análisis que estas últimas ofrecen. La utilización eficaz de un modelo de RNA requiere de una sistemática, para obtener el máximo partido de la información disponible. NNpred y Alyuda Forecaster XL son dos herramientas de *software* de RNA que sirven de apoyo a la ingeniería de procesos industriales y sobre las cuales se ha realizado un estudio y comparativa de uso, para la predicción de fallos en una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Recibido: 2 de febrero de 2010  
Aceptado: 16 de marzo de 2010

## Palabras clave

Redes neuronales, inteligencia artificial, *software*, procesos industriales, aguas residuales

## ABSTRACT

*The use of artificial intelligence tools such as Artificial Neural Networks (ANN), is becoming increasingly common in a wide range of industrial areas such as process control, quality control and failure prediction. There are ANN based tools which are capable of facilitating aspects of process engineering with a relatively minimal learning process, even to the point where certain of these tools can be used as functions or plug-ins for commercial spread sheets, adding their computational power to the calculation and analysis capabilities offered by these spread sheets. The effective utilisation of an ANN model requires classification in order to obtain the full potential from the available information. NNpred and Alyuda Forecaster XL are ANN software tools, which serve to support Industrial Process Engineering, which have been subjected to a study and comparison of use, in failure prediction in an urban waste-water treatment plant.*

Received: February 2, 2010  
Accepted: March 16, 2010

## Keywords

Neural networks, artificial intelligence, *software*, industrial processes, waste-water





Foto: Pictelia

Pese a lo que su nombre parece sugerir, las redes neuronales artificiales (RNA) son un conjunto de técnicas computacionales con una extraordinaria capacidad para ajustar modelos tipo *caja negra* de un sistema. Su concepción está inspirada en la forma en que las neuronas se conectan e interaccionan entre sí para producir pensamientos y conclusiones. Sin embargo, su diseño y funcionamiento tienen una fuerte base matemática, renunciando a ser una simulación exacta de las corrientes eléctricas y sinapsis de las neuronas biológicas.

El funcionamiento básico de una RNA consiste en entrenarla para que *aprenda* a asociar unas características del sistema (las salidas deseadas) con otras características del mismo (entradas), a partir de datos del sistema que se quiere modelar. Además, presentan una capacidad de generalización que les permite, por un lado, pronosticar salidas (comportamientos) ante entradas (situaciones) que no han visto nunca antes y, por otro, abstraerse del ruido en las señales. En sistemas estocásticos, en los que el desconocimiento de algunas de las variables relevantes lleva a una incertidumbre inherente, esto es especialmente útil.

Las RNA tipo perceptrón multicapa son las más implementadas con dife-

rencia. En éstas, la utilización consta de dos pasos: *a)* el entrenamiento de la RNA con datos del sistema y *b)* la utilización de la misma ante nuevos datos (situaciones) que se le vayan mostrando, con objeto de predecir o clasificar el comportamiento que se podrá esperar en esas nuevas situaciones.

Un perceptrón multicapa consiste en varias capas de neuronas artificiales, cada una de las cuales calcula una salida en función de las entradas que recibe, usando un modelo matemático no lineal. Las salidas de las neuronas de una capa se usan como entradas de las neuronas de la siguiente capa a modo de conexión entre neuronas, multiplicándolas por un factor, el peso de la conexión y así sucesivamente hasta obtener las salidas de las neuronas de la última capa, que son, a su vez, las salidas o resultados de la RNA en su conjunto (figura 1).

El entrenamiento de un perceptrón multicapa parte de una red inicial. Se van mostrando los datos a la red una y otra vez, calculando las salidas que produce. Los pesos de las conexiones se van ajustando de manera que la red vaya produciendo, cada vez con mayor precisión, las salidas deseadas. El ajuste de esos pesos se realiza de manera que se minimice el

error cuadrático de las salidas. El resultado de este proceso es un modelo matemático no lineal, capaz de:

- Reproducir con la mayor precisión posible las salidas deseadas en los datos de entrenamiento.

- Generalizar, prediciendo la salida más *probable* ante nuevas entradas o situaciones del sistema.

- Generalizar, ignorando el ruido o cualquier otra alteración de las salidas que no obedece a una causa descrita en los datos de entrada.

Con todo ello, las RNA son una herramienta matemática extraordinariamente capaz de ajustarse al comportamiento de un sistema, basándose exclusivamente en los datos del mismo.

En este artículo vamos a explicar cómo esta capacidad de modelado matemático ha sido implementada en dos herramientas de *software* (NNpred y Alyuda Forecaster XL), así como una comparativa de los resultados obtenidos al utilizar dichas herramientas para predecir fallos en una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, como ejemplo aplicativo.

Además, se describen en detalle un conjunto de recomendaciones útiles para sacar el máximo partido de estas herramientas con el fin de utilizarlas en

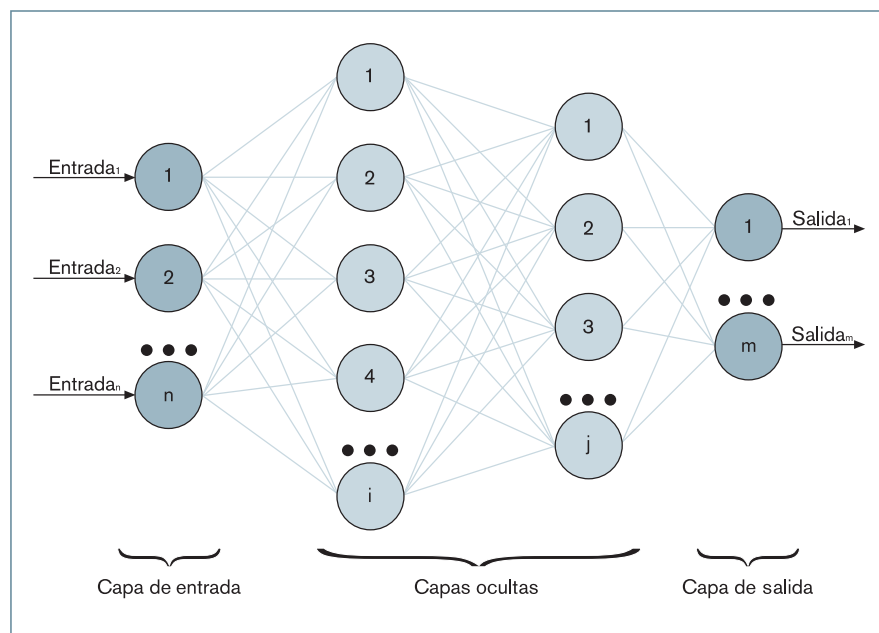


Figura 1. Esquema de una RNA: neuronas artificiales agrupadas en capas.

hora de definir estas variables, habrá que tener en cuenta que un número demasiado reducido de ellas podría suponer que el modelo obtenido no tuviese la capacidad de resolver el problema. Por otro lado, una gran cantidad de variables de entrada podría llegar a incluir variables redundantes y reducir sustancialmente la eficiencia computacional del modelo al hacerlo más complejo. Por tanto, a la hora de elegir las variables, será necesario incluir como mínimo aquellas que se considera que influyen de forma clara en la salida y que son suficientes para caracterizarlo inequívocamente.

– Variables de salida: son las variables desconocidas que forman el problema del sistema en estudio, y que se desea predecir o estimar por medio de la RNA a partir de las variables de entrada. Como mínimo, habrá una variable de salida, aunque dependiendo del problema en

aplicaciones de ingeniería de procesos industriales.

### Recomendaciones de uso

Para la eficaz utilización de herramientas de RNA en ingeniería de procesos, se recomienda seguir una sistemática que permita sacar el máximo partido de los datos disponibles (figura 2).

Esta sistemática consta de cuatro pasos, que se describen a continuación:

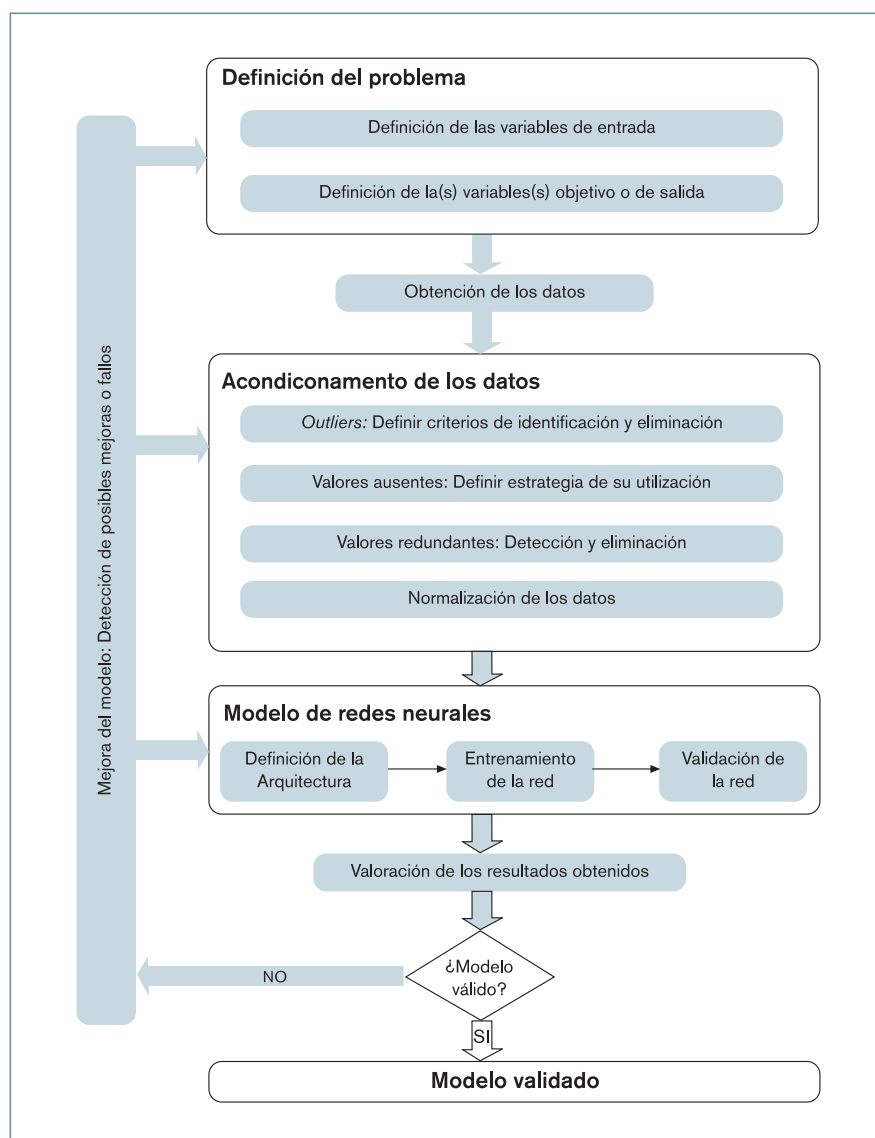
1. Definición del problema por modelar.
2. Acondicionamiento previo de los datos.
3. Ajuste del Modelo de RNA.
4. Validación del modelo.

### Definición del problema

El primer paso es la definición del problema que se pretende resolver mediante la utilización de un modelo basado en RNA. Conceptualmente, se pueden distinguir diferentes problemáticas, como la predicción, la clasificación, la aproximación de funciones y la detección de datos anómalos, entre otros. El tipo de problema que hay que resolver no influye en gran medida en la sistemática que se sigue, puesto que no depende del modelo de redes neuronales que se utilice. El problema quedará definido cuando se identifiquen y definan tanto las variables de entrada, como las variables de salida del sistema en análisis:

– Variables de entrada: son aquellas variables necesarias para definir el sistema y con las cuales se considera que es posible resolver el problema planteado. A la

Figura 2. Sistemática para validar un modelo de RNA.





estudio puede haber varias. En el caso de problemas de predicción, las variables de salida son las que se quieren predecir partiendo de las de entrada. En el caso de problemas de clasificación o diagnóstico, el objetivo del modelo es llegar a realizar una clasificación adecuada del estado del sistema por medio de dichas variables, partiendo de los datos disponibles en las variables de entrada.

### Obtención de muestras de datos

Para poder llegar a obtener un modelo útil y que satisfaga unos criterios mínimos de resolución del problema en estudio, será necesaria la obtención de muestras o ejemplos de datos para el entrenamiento de la RNA, y la creación de una base de datos o *dataset* del problema. La cantidad de muestras necesarias para ello dependerá en gran medida del problema concreto que se tenga entre manos. Es evidente pensar que a mayor número de variables, tanto de entrada como de salida, es necesaria una mayor cantidad de muestras para entrenar eficazmente la RNA. Lo ideal sería poder disponer de la mayor cantidad posible de muestras a la hora de crear el modelo. Pero, en la mayoría de los casos reales, la cantidad de información disponible es limitada, y por tanto, se hace necesario probar el modelo con las muestras de las que se dispone.

### Acondicionamiento de los datos

En la mayoría de los casos, antes de poder utilizar los datos obtenidos en las muestras hay que realizar un proceso de acondicionamiento de los mismos. El objetivo es comprobar la validez de estos datos para asegurar que el modelo de redes neuronales se cree con datos de suficiente calidad. Si se llegasen a utilizar datos erróneos, el modelo podría llegar a no ser útil.

Se identifican las siguientes necesidades de acondicionamiento de datos:

#### Outliers

Los *outliers* son aquellas muestras excepcionales, que a priori están fuera de los rangos habituales de trabajo y que pueden representar un problema para modelar su comportamiento. Pueden corresponder a errores en su adquisición o también pueden ser causados por estados excepcionales de funcionamiento del sistema que se esté estudiando. Por ello, hay que definir unos criterios de identificación y eliminación de *outliers*:

- Identificación: se pueden utilizar distintas estrategias de identificación

de *outliers*, dependiendo del problema. En algunos casos, si se tiene suficiente información sobre las variables de entrada, será posible establecer unos límites inferiores y superiores que se sepa que nunca se pueden sobrepasar y que, en caso de ocurrir, se considerarán *outliers*. En otros casos, no se dispondrá de esta información y habrá que identificar los *outliers* por otros criterios. Un método muy eficaz es graficar las muestras: aquellas muestras aisladas que se alejan claramente del resto pueden, a menudo, corresponder a *outliers*.

- Tratamiento: una vez identificados los *outliers*, hay que decidir qué hacer con ellos. Una estrategia puede ser eliminarlos del *dataset*. Otra puede ser sustituirlos por otro valor que sí que esté dentro de los límites marcados. A la hora de elegir con qué valor sustituir los *outliers*, se pueden usar las mismas estrategias que con los valores ausentes, y que se explican a continuación.

#### Valores ausentes

En el *dataset* es posible que haya valores ausentes o no disponibles (*missing values*). En el caso de procesos industriales, por ejemplo, es común que no puedan adquirirse todos los datos de las variables definidas debido a varios motivos, como el fallo de sensores, de comunicación del autómatas programable con el ordenador, etcétera. Se puede utilizar alguna de las siguientes estrategias a la hora de decidir qué hacer con estos valores ausentes:

- a) Eliminar: se eliminan aquellas muestras en las que falta algún dato, para obtener un *dataset* completo, en el que no falte ningún dato. Esta estrategia puede ser arriesgada en los casos en los que haya muchos valores ausentes, porque se corre el riesgo de disminuir notablemente la cantidad de datos disponibles.

- b) Reemplazar: se reemplazan los datos que faltan por uno de:

- Media.
- Mediana.
- Mínimo.
- Máximo.
- Media de los  $n$  valores *vecinos*.
- Valor por defecto.

#### Variables redundantes

A la hora de fijar las variables de entrada que definan el problema en estudio, es posible que finalmente se elijan algunas que sean dependientes unas de otras. Si el grado de correlación entre las variables de entrada es alto, se estarán utilizando variables redundantes para definir el modelo. Esta redundancia no aporta

información adicional, pero sí que complica el modelo y computacionalmente lo hace menos eficiente. Por tanto, es posible hacer un estudio estadístico del grado de correlación entre las variables de entrada para eliminar las que sean claramente dependientes de otras y simplificar así el modelo.

#### Normalización de los datos

En función de la herramienta de RNA que se utilice, es posible que se requiera normalizar los datos, de forma que se transformen todas las variables al rango  $[0,1]$ , o  $[-1, +1]$ . La interpretación de los resultados obtenidos requiere en estos casos la desnormalización de los datos resultantes (salidas), volviendo a convertirlos a su rango físico de trabajo.

#### Ajuste del modelo de redes neuronales:

una vez realizadas las etapas previas de obtención y acondicionamiento de los datos, es posible utilizarlos para crear un modelo basado en redes neuronales. La creación de este modelo consta de las siguientes etapas:

- Definición de la arquitectura: hay que definir una arquitectura concreta del modelo de RNA que se quiere crear. Se entiende por arquitectura el número de capas y neuronas que forman la red neuronal (figura 1). Algunas herramientas pueden proponer automáticamente una arquitectura, de manera que el usuario no tenga que preocuparse de ello.

- Entrenamiento de la red: consiste en mostrar a la red parte de las muestras acondicionadas anteriormente, para que ésta calcule las salidas producidas y ajuste su comportamiento (los pesos de las conexiones) a las mismas. Para ello, se suele hacer una partición del *dataset* en datos de entrenamiento y datos de validación. El primero consiste en mostrarle sucesivas veces todas las muestras de entrenamiento, hasta que se considera que las ha aprendido. Se denomina ciclo de entrenamiento o *epoch*, a cada presentación de todas las muestras de entrenamiento a la red.

- Validación de la red: consiste en mostrarle las muestras no utilizadas en el entrenamiento para valorar su capacidad de generalización según las salidas producidas. La validación suele ser el criterio preferente de detención de los ciclos de entrenamiento.

#### Validación del modelo

Después de ajustar el modelo de redes neuronales, hay que realizar una valoración de los resultados obtenidos. Si estos



**Enter your Data in this sheet**

**Instructions:** Start Entering your data from cell AC105. Specify variable name in row 103.  
 Make sure that the row 104 is blank.  
 Specify variable type in row 102.  
 Cont - for continuous input,  
 Cat - for Categorical Input,  
 Output - for Output var.  
 Omit - If you don't want to use the variable in the model  
 For each continuous input, there will be 1 neuron in input Layer.  
 For Each categorical input with *K* levels, there will be *K* neurons in input Layer.  
 Please make sure that there are **no more than 50 neurons** in input Layer.  
 There should be **at most 10 Output variables** - application will treat them all as Continuous.  
 There should be **no more than 40** Categorical Input Variables.

Var Type	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont
Var Name	CAUDAL (Planta)	ZHIC (Planta)	PH DE LA PLANTA (Planta)	DBO (Planta)	DOO (Planta)	SOLIDOS SUSPENDIDOS (Planta)	SOLIDOS VOLATILES SUSPENDIDOS (Planta)	SEDIMENTOS EN PLANTA (Planta)	CONDUCTIVIDAD (Planta)	PH DECA (Planta)
105	44.101,00	1,50	7,80	?	407,00	195,00	95,30	4,50	2110,00	7,95
106	39.024,00	3,00	7,70	?	443,00	214,00	99,20	9,50	2680,00	7,71
107	32.229,00	5,00	7,80	?	520,00	196,00	99,90	3,40	1666,00	7,71
108	25.023,00	3,50	7,90	205,00	580,00	192,00	95,90	4,50	2420,00	7,85
109	26.924,00	1,50	8,00	242,00	496,00	176,00	94,80	4,00	2110,00	7,95
110	38.572,00	3,00	7,80	202,00	372,00	166,00	68,80	4,50	1644,00	7,84
111	41.115,00	6,00	7,80	?	552,00	262,00	64,10	5,00	1603,00	7,84
112	36.107,00	5,00	7,70	215,00	489,00	334,00	40,70	6,00	1613,00	7,84
113	29.156,00	2,50	7,70	206,00	451,00	194,00	69,10	4,50	1249,00	7,71
114	39.246,00	2,00	7,80	172,00	506,00	200,00	69,00	5,00	1865,00	7,84
115	42.393,00	0,70	7,90	189,00	476,00	230,00	67,00	5,50	1410,00	8,11
116	42.857,00	1,50	7,70	238,00	319,00	292,00	33,80	3,50	1261,00	7,84
117	42.911,00	0,70	7,60	114,00	252,00	116,00	58,60	1,20	1238,00	7,94
118	40.376,00	?	8,10	204,00	333,00	174,00	67,80	3,00	2390,00	7,84
119	40.923,00	3,50	7,60	146,00	329,00	168,00	57,40	2,50	1300,00	7,84
120	43.830,00	1,50	7,80	177,00	612,00	214,00	58,60	5,50	1605,00	7,71
121	36.168,00	1,50	7,40	250,00	447,00	263,00	61,10	7,00	1833,00	7,40
122	35.791,00	1,20	7,80	277,00	468,00	248,00	63,40	4,00	1666,00	7,71

Figura 3. Interfaz de introducción del dataset en NNpred.

resultados se consideran satisfactorios al utilizar el modelo de redes neuronales, quedará validado para poder resolver el problema concreto que se ha considerado. Si, por el contrario, los resultados no cumplen los criterios mínimos exigidos, habrá que mejorar el modelo detectando posibles mejoras o fallos en los pasos anteriores: redefinición del problema, reacondicionamiento de datos, redefinición de la arquitectura, entrenamiento y validación de la red.

### Herramientas de RNA bajo prueba

En el mercado actual existen varias herramientas de redes neuronales artificiales. De todas estas herramientas se han seleccionado dos, por considerarlas de fácil uso e integrarse bien en hojas de cálculo Excel, de manera que se facilita en gran medida el trabajo sobre datos ya disponibles en este formato. Ambas pueden ser utilizadas sin tener conocimientos previos sobre redes neuronales, si se siguen las pautas que se indican en este artículo.

NNpred<sup>1</sup>: es una herramienta gratuita de RNA para hacer predicciones. Su creador es Angshuman Saha, trabajador de GE Global Research, que se encuentra en el Centro Tecnológico John F. Welch, en Bangalore, India. NNpred está desarrollada completamente en Excel e implementa una red neuronal multicapa del tipo

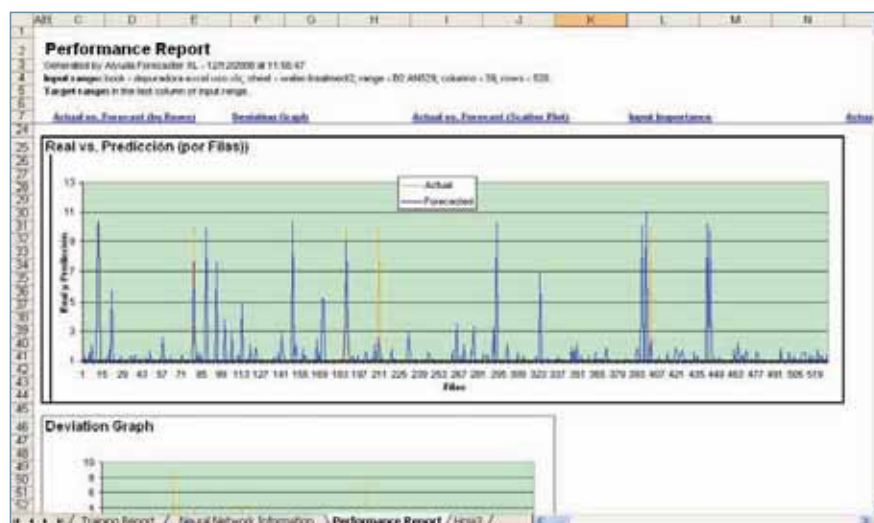


Figura 4. Informe de resultados de Alyuda Forecaster XL.

FeedForward con retropropagación. No es necesario instalar esta aplicación, puesto que es un archivo Excel en el que directamente se pueden copiar las hojas o los datos de trabajo y crear el modelo. Incluye, además, unas breves instrucciones de cómo usarla para construir un modelo predictivo (figura 3).

Alyuda Forecaster XL<sup>2</sup>: se trata de una herramienta comercial de pago de la empresa Alyuda Research Company, pero hay a disposición de los usuarios una versión de demo gratuita. Permite crear y

aplicar un modelo de RNA para realizar predicciones, clasificación, aproximación de funciones y detección de datos anómalos (figura 4).

En las tablas 1 y 2 se presenta una comparativa entre las dos herramientas con sus características principales y en la tabla 3, sus limitaciones más destacables.

### Pruebas realizadas y resultados obtenidos

El caso de estudio presentado a continuación propone determinar la capaci-

Acondicionamiento de los datos	NNpred	Alyuda Forecaster XL
Identificación y eliminación de outliers	No	Sí
Eliminación o sustitución de valores ausentes	Sí	Sí
Tratamiento de variables redundantes	No	No
Normalización de datos	Sí (automático)	Sí (automático)

Tabla 1. Características principales de las herramientas en el acondicionamiento de los datos.

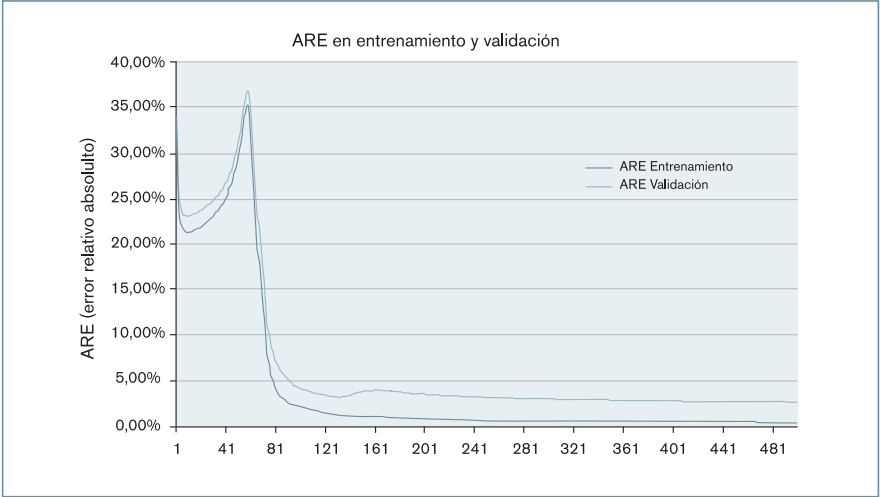
Modelos de redes neuronales	NNpred	Alyuda Forecaster XL
Definición de la arquitectura	<ul style="list-style-type: none"><li>• Especificación manual de la arquitectura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Automática</li></ul>
Entrenamiento del modelo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reentrenamiento del modelo para obtener mejores resultados</li><li>• Gráfico en tiempo real del error de entrenamiento</li><li>• Partición automática aleatoria o secuencial del dataset, en series de entrenamiento y validación</li><li>• Parada del entrenamiento al cumplir el número de ciclos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reentrenamiento del modelo para obtener mejores resultados</li><li>• Partición automática aleatoria o secuencial del dataset, en series de entrenamiento y validación</li><li>• Control manual o generación automática de condiciones versátiles de parada del entrenamiento</li></ul>
Validación de la red	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tabla de valores reales estimados</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tabla de valores reales estimados con errores relativos y absolutos</li><li>• Gráficos de los valores reales y estimados</li><li>• Análisis de la importancia de las entradas</li></ul>

Tabla 2. Características principales de las herramientas del modelo de redes neuronales.

Limitaciones	NNpred	Alyuda Forecaster XL
Arquitectura	<ul style="list-style-type: none"><li>• 50 entradas y 10 salidas</li><li>• 2 capas ocultas</li><li>• 20 neuronas por capa</li><li>• 40 entradas categóricas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El fabricante no detalla limitaciones en cuanto a la arquitectura de la red</li></ul>
Entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• 500 ciclos de entrenamiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 100.000 ciclos de entrenamiento</li></ul>

Tabla 3. Limitaciones principales de las herramientas.

Figura 5. ARE en entrenamiento y validación con la herramienta NNpred.



dad de las dos herramientas explicadas anteriormente para predecir el estado de funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Para ello, se ha utilizado un *dataset* de acceso público disponible en la página *web* de UCI Machine Learning Repository<sup>3</sup>. Este *dataset* proviene de las medidas diarias de sensores en una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas. El objetivo es clasificar el estado de funcionamiento de la planta para poder predecir fallos, partiendo de los estados de las variables de la planta en cada una de las etapas del proceso de depuración.

Se ha creado un modelo de RNA en cada una de las herramientas, siguiendo la sistemática propuesta.

Definición del problema que modelar

Este *dataset* dispone de una muestra de 527 días con sus correspondientes estados de funcionamiento de la planta de depuración. Estos datos están organizados en 38 entradas, según las cuales se quiere poder predecir el funcionamiento que tendrá la planta. Entre estas entradas, hay datos generales de la planta, del primer y segundo decantador y de salida y varios rendimientos. El objetivo es clasificar el estado de funcionamiento de la planta para poder predecir fallos. Se distinguen dos estados de funcionamiento de la planta: el normal y el anómalo. Es decir, hay una única salida categórica que puede tener dos posibles valores, que se ha codificado de forma numérica con un 1 para definir el estado de funcionamiento normal y con un 10 para el estado de funcionamiento anómalo, como se puede ver en la tabla 4. Los valores ausentes se muestran con el símbolo ?

Acondicionamiento previo de los datos

- Identificación y eliminación de outliers: En esta prueba realizada no se han detectado outliers, ya que el objetivo es descubrir fallos en la planta depuradora, posiblemente producidos por datos fuera de lo común.
- Eliminación o reemplazo de valores ausentes: los valores ausentes se han reemplazado por la media de la columna en ambas herramientas.
- Tratamiento de variables redundantes: el *dataset* estaba ya tratado en este sentido y libre de variables a priori redundantes.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Resultado real}_i - \text{Resultado estimado}_i)^2}{N}$$

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Caudal de entrada a la planta	35.023	36.924	38.572	42.393	42.857	42.911
Cinc de entrada a la planta	3,50	1,50	3,00	0,70	1,50	0,70
PH de entrada a la planta	7,90	8,00	7,80	7,90	7,70	7,60
DBO de entrada a la planta	205,00	242,00	202,00	189,00	238,00	114,00
DQO de entrada a la planta	588	496	372	478	319	252
Sólidos suspendidos de entrada a la planta	192	176	186	230	292	116
Sólidos volátiles suspendidos de entrada a la planta	65,60	64,80	68,80	67,00	33,80	58,60
Sedimentos de entrada a la planta	4,50	4,00	4,50	5,50	3,50	1,20
Conductividad de entrada a la planta	2.430	2.110	1.644	1.410	1.261	1.238
pH de entrada al 1 <sup>er</sup> decantador	7,80	7,90	7,80	8,10	7,60	7,90
DBO de entrada al 1 <sup>er</sup> decantador	236	?	?	173	170	148
Sólidos suspendidos de entrada al 1 <sup>er</sup> decantador	268	236	248	192	268	136
Sólidos suspendidos volátiles de entrada al 1 <sup>er</sup> decantador	73,10	57,60	66,10	62,50	31,30	64,70
Sedimentos de entrada al 1 <sup>er</sup> decantador	8,50	4,50	8,50	5,00	4,20	3,00
Conductividad de entrada al 1 <sup>er</sup> decantador	2.280	2.020	1.762	1.406	1.204	1.208
pH de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	7,80	7,80	7,70	7,70	7,60	7,70
DBO de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	158,00	?	150,00	172,00	116,00	79,00
DQO de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	376	372	460	412	276	216
Sólidos suspendidos de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	96	88	100	104	104	70
Sólidos suspendidos volátiles de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	77,10	68,20	76,00	71,20	51,90	82,90
Sedimentos de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	0,40	0,20	0,30	0,40	0,30	0,30
Conductividad de entrada al 2 <sup>o</sup> decantador	2.060	2.250	1.768	1.562	1.261	1.177
pH de salida	7,60	7,60	7,50	7,60	7,40	7,50
DBO de salida	20,00	19,00	20,00	152,00	320,00	84,00
DQO de salida	104	108	100	306	350	172
Sólidos suspendidos de salida	20	22	28	131	238	104
Sólidos suspendidos volátiles de salida	96,70	65,90	82,10	79,60	73,90	78,80
Sedimentos de salida	0,00	0,02	0,00	3,50	2,00	0,06
Conductividad de salida	1.840	2.120	1.764	1.575	1.304	1.221
Rendimiento de entrada de DBO en el 1 <sup>er</sup> decantador	33,10	?	?	0,60	31,80	46,60
Rendimiento de entrada de sólidos suspendidos en el 1 <sup>er</sup> decantador	64,20	62,70	59,70	45,80	61,20	48,50
Rendimiento de entrada de sedimentos en el 1 <sup>er</sup> decantador	95,30	95,60	96,50	92,00	92,90	91,70
Rendimiento de entrada de DBO en el 2 <sup>o</sup> decantador	87,30	?	86,70	11,60	?	?
Rendimiento de entrada de DQO en el 2 <sup>o</sup> decantador	72,30	71,00	78,30	25,70	?	20,40
Rendimiento global de entrada de DBO	90,20	92,10	90,10	19,60	?	26,30
Rendimiento global de entrada de DQO	82,30	78,20	73,10	36,00	?	31,70
Rendimiento global de entrada de sólidos suspendidos	89,60	87,50	84,90	43,00	18,50	10,30
Rendimiento global de entrada de sedimentos	100,00	99,50	100,00	36,40	42,90	95,40
Estado de funcionamiento	1	1	1	10	10	10

Tabla 4. Algunas muestras del dataset.

– Normalización de datos: ambas herramientas la realizan de forma automática.

#### Ajuste del modelo de RNA

El ajuste del modelo en la prueba realizada se resume en la tabla 5.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Resultado real} - \text{Resultado estimado})^2}{N}$$

#### Validación del modelo

Ambas herramientas prevén dos tipos de errores que permiten realizar una com-

paración entre los resultados obtenidos:

a) MSE: error medio cuadrático (del inglés *Mean Square Error*), que es la media de las diferencias al cuadrado entre el resultado real y el estimado (donde  $N$  es el número de muestras de validación).



Ajuste	NNpred	Alyuda Forecaster XL
Definición de la arquitectura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de entradas = 38</li> <li>Número de salidas = 1</li> <li>Número de capas ocultas = 2</li> <li>Número de neuronas en cada capa oculta = 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automática</li> </ul>
Entrenamiento en la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de registros = 527</li> <li>Partición del dataset: 80% de entrenamiento y 20% de validación</li> <li>Epochs = 2.500 (5 entrenamientos de 500, al ser el máximo permitido)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Epoch = 100.000</li> </ul>
Validación de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selección aleatoria de los registros sobre los que se hará la validación</li> </ul>	

Tabla 5. Ajuste del modelo de RNA en la prueba realizada.

	NNpred		Forecaster XL	
	Entrenamiento	Validación	Entrenamiento	Validación
Nº de registros	421	106	422	105
ARE medio	0,36 %	2,61 %	0,49%	7,78%
MSE medio	0,001	1,533	0,944	2,668
Nº de buenas estimaciones	421 (100%)	104 (98,11%)	418 (99,05%)	102 (97,14%)
Nº de malas estimaciones	0 (0%)	2 (1,89%)	4 (0,95%)	3 (3,86%)

Tabla 6. Tabla resumen de resultados obtenidos.

Epoch	Error medio en las muestras de entrenamiento (escala original)		Error medio en las muestras de validación (escala original)	
	MSE	ARE (%)	MSE	ARE (%)
1	1,706	32,36%	3,642	33,85%
2	1,695	25,98%	3,663	27,64%
3	1,693	23,65%	3,672	25,37%
4	1,692	22,51%	3,677	24,27%
5	1,691	21,90%	3,680	23,67%
6	1,691	21,55%	3,681	23,34%
7	1,691	21,36%	3,682	23,15%
8	1,690	21,26%	3,682	23,06%
9	1,690	21,22%	3,682	23,02%
10	1,690	21,22%	3,682	23,01%
...	...	...	...	...
495	0,001	0,36%	1,533	2,62%
496	0,001	0,36%	1,533	2,61%
497	0,001	0,36%	1,533	2,61%
498	0,001	0,36%	1,533	2,61%
499	0,001	0,36%	1,533	2,61%
500	0,001	0,36%	1,533	2,61%

Tabla 7. Tabla de errores medios de entrenamiento y validación en los diferentes ciclos de entrenamiento.

b) ARE: error relativo absoluto (Absolute Relative Error), expresado en porcentaje, da una medida del error medio de estimación, referente al resultado real.

Resultados obtenidos con NNpred: como se puede comprobar en estos datos (figura 5 y tabla 6), el error en el

entrenamiento tiende a cero (ARE = 0,36%), mientras que el error en la validación disminuye notablemente desde ARE = 33,85% en el primer ciclo, hasta el 2,61% al terminar los 2.500 ciclos de entrenamiento. Estos errores se consideraron lo suficientemente pe-

queños como para dar por válido este modelo.

Una vez entrenada la red neuronal, se utilizaron las 527 muestras totales para comprobar su capacidad predictiva. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: de los 527 registros, únicamente se obtuvieron estimaciones erróneas en 2 de ellos. Es decir, el modelo de RNA fue capaz de predecir correctamente todos y cada uno de los estados de funcionamiento normal de la planta depuradora y sólo falló en la estimación de 2 de los estados de funcionamiento anómalos.

Resultados obtenidos con Alyuda Forecaster XL: como se puede comprobar en los resultados (tabla 6), el número de estimaciones erróneas realizadas por esta herramienta es de 7 sobre 527. Mientras que en el dataset de entrenamiento este error supone el 0,95%, en el de validación aumenta hasta el 3,86%.

#### Utilización del modelo

La utilidad de los modelos así entrenados consiste en que a partir de ese momento, el usuario dispone de una potente herramienta capaz de predecir o clasificar futuros estados. Por ejemplo, ante una nueva situación no observada anteriormente, como la descrita por los datos de la tabla 8.

El modelo es capaz de clasificarla y así predecir si el funcionamiento está siendo normal o anómalo y, de esa manera, tomar a tiempo las medidas oportunas. En este caso, ambos modelos (el de NNpred y el obtenido con Alyuda Forecaster XL) dan como resultado los obtenidos en la tabla 9.

En ambos casos, el valor está más cercano a la categoría de estado normal (valor 1), por lo que puede concluirse que el estado, con más del 98% de probabilidad según el primer modelo y más del 96% según el segundo, será de funcionamiento normal.

#### Conclusiones

Las herramientas de análisis inteligente de datos cada vez están más extendidas y soportan funciones más y más complejas. Un ejemplo son las herramientas de redes neuronales artificiales (RNA), como las mostradas en este artículo. Su utilización con fines prácticos no siempre está reñida con la facilidad de uso, y algunas de estas herramientas están perfectamente integradas en hojas de cálculo como Excel, lo que facilita su utilización y las convierte en una herramienta más de la hoja de cálculo. En este caso, en una herramienta que permite predecir com-

Muestra	
Caudal de entrada a la planta	33.535
Cinc de entrada a la planta	0,32
pH de entrada a la planta	7,80
DBO de entrada a la planta	192,00
DQO de entrada a la planta	346
Sólidos suspendidos de entrada a la planta	172
Sólidos volátiles suspendidos de entrada a la planta	68,60
Sedimentos de entrada a la planta	4,00
Conductividad de entrada a la planta	988
pH de entrada al 1° decantador	7,80
DBO de entrada al 1° decantador	210
Sólidos suspendidos de entrada al 1° decantador	192
Sólidos suspendidos volátiles de entrada al 1° decantador	68,80
Sedimentos de entrada al 1° decantador	4,50
Conductividad de entrada al 1° decantador	991
pH de entrada al 2° decantador	7,70
DBO de entrada al 2° decantador	100,00
DQO de entrada al 2° decantador	215
Sólidos suspendidos de entrada al 2° decantador	80
Sólidos suspendidos volátiles de entrada al 2° decantador	73,80
Sedimentos de entrada al 2° decantador	0,10
Conductividad de entrada al 2° decantador	966
pH de salida	7,90
DBO de salida	17,00
DQO de salida	88
Sólidos suspendidos de salida	16
Sólidos suspendidos volátiles de salida	90,00
Sedimentos de salida	0,00
Conductividad de salida	950
Rendimiento de entrada de DBO en 1er decantador	?
Rendimiento de entrada de sólidos suspendidos en 1er decantador	58,30
Rendimiento de entrada de sedimentos en 1er decantador	97,80
Rendimiento de entrada de DBO en 2° decantador	83,00
Rendimiento de entrada de DQO en 2° decantador	59,10
Rendimiento global de entrada de DBO	91,10
Rendimiento global de entrada de DQO	74,60
Rendimiento global de entrada de sólidos suspendidos	90,70
Rendimiento global de entrada de sedimentos	100,00

Tabla 8. Datos utilizados para probar los modelos.

Estado de funcionamiento - Resultado con Nnpred	1,001179
Estado de funcionamiento - Resultado con Alyuda Forecaster XL1	0,58993

Tabla 9. Resultados de los modelos.

portamientos de un proceso, malfunciones o estados de la planta. Estas funciones avanzadas están al alcance del mundo de la ingeniería normalmente a través de

herramientas de pago, las cuales proporcionan unas funcionalidades muy completas y un buen acabado. Sin embargo, también existen algunas herra-

mientas gratuitas que permiten realizar las mismas funciones con igual o mayor precisión en algunos casos, aunque sea con un acabado menos depurado y con menos funciones de tipo avanzado. Un ejemplo se ha descrito en este artículo, en el que para el caso de ejemplo, y dedicando el mismo tiempo de preparación del modelo, se han obtenido mejores resultados con la herramienta gratuita que con la de pago. Posiblemente, una mayor dedicación de tiempo a depurar el modelo habría conducido a resultados muy similares en ambas. Sin embargo, un factor relevante es el poder llegar a resultados con el menor tiempo de preparación y con la mayor facilidad de uso posible, y eso es lo que se ha procurado demostrar.

#### Bibliografía

<http://www.geocitrus.com/adotsaha/index.html>  
<http://www.alyuda.com/neural-networks-software.htm>  
 Asuncion A, Newman DJ. (2007). UCI Machine Learning Repository [<http://www.ics.uci.edu/~mlern/MLRepository.html>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.

#### Jordan Espina Lázaro

jordane@leia.es

Ingeniero en Organización Industrial. Investigador del equipo de Tecnologías Cognitivas del área de Logística, Seguridad e Innovación en el Centro Tecnológico Fundación LEIA C.D.T.

#### Javier A. García Sedano

javierrg@leia.es

Licenciado en ciencias físicas. Ha desarrollado su carrera profesional en la investigación, desarrollo e innovación en sistemas de información avanzados y está especializado en las aplicaciones de la ingeniería del conocimiento y la ingeniería artificial, principalmente a la optimización y diagnóstico de procesos industriales y al diseño e ingeniería de productos. Actualmente lidera el equipo de Tecnologías Cognitivas en Fundación LEIA.

#### Jesús M. Larrañaga Lesaca

jesusmaria.larranaga@ehu.es

Doctor ingeniero industrial por la Universidad del País Vasco especializado en técnicas de optimización mediante programación lineal. Actualmente es profesor del área de Organización de Empresas en la Escuela de Ingeniería Industrial de Vitoria-Gasteiz.



# Presto es todo esto:

## Todos los DIN A4 del proyecto Gestión de la construcción

### Antes del proyecto

Justificación de honorarios

Predimensionado de viviendas, oficinas, naves y proyectos de urbanización

Catálogos de productos para la construcción

### Durante el proyecto



#### Mediciones y presupuestos

Pliego de condiciones

Estudio de seguridad y salud

Plan de control de calidad

Estudio de gestión de residuos

Libro del edificio

### Durante la dirección de obra

Comparación de ofertas

Certificaciones, actas y documentos de obra

Reformados, certificaciones oficiales y revisión de precios para obra pública

### Antes de la ejecución

Planificación por diagrama de barras

Planificación económica de ingresos y costes

Comparativo de contratos, compras y subcontratas

Evaluación de aspectos ambientales

Plan de seguridad y salud

### Durante la ejecución

Control de producción

Gestión del valor ganado (EVM)

Análisis de costes reales

Seguimiento de pedidos, albaranes y facturas

Control de pagos y cobros

### Después de la entrega

Gestión de repasos en promociones de viviendas



# Estructuras tensegríticas: nueva tipología estructural para el siglo XXI

Mamerto Gamboa Cerezo

*Tensegrity structures: new structural typology for the 21st century*

## RESUMEN

En el campo de las estructuras no es habitual convivir en el tiempo con una nueva tipología estructural que esté en fase de investigación y desarrollo con altas posibilidades de éxito de implantación en el mercado. Si bien las estructuras tensegríticas nacieron en la década de 1960, es en los últimos 20 años cuando se están realizando grandes avances en el estudio del comportamiento y metodologías de diseño que permitan la introducción de este novedoso concepto estructural en un mercado tradicionalmente conservador como es el sector de la edificación. Las estructuras de bóveda, los arcos, los dinteles y las estructuras tensadas son tipologías muy conocidas y de gran aplicación durante la historia. La tensegridad es la tipología llamada a establecerse en los próximos años, siempre y cuando sea capaz de solventar las barreras técnicas y constructivas que hacen a día de hoy que su introducción en el mercado sea lenta y sin una aplicación definida.

Recibido: 8 de septiembre de 2010

Aceptado: 2 de noviembre de 2010

## ABSTRACT

*In the field of structures is not usual for a new structural typology still in a research and development phase to enjoy strong possibilities of a successful implantation in the marketplace. Tensegrity structures were born in the 60's, however great advances in the study of behaviour and design methods have been carried out in the last twenty years which have led to the introduction of this brand new structural concept in a traditionally conservative market such as the building industry. Vault structures, arches, lintels or tent structures are typologies well known and have been applied extensively throughout history. Tensegrity is the new typology set to establish itself over the coming years, provided that it can overcome the technical and building barriers that have hitherto made its introduction into the market slow and its application ill-defined.*

Received: September 8, 2010

Accepted: November 2, 2010

## Palabras clave

Tensegridad, estructuras, construcción, estructuras articuladas, diseño estructural

## Keywords

Tensegrity, structures, construction, pin jointed structures, structural design

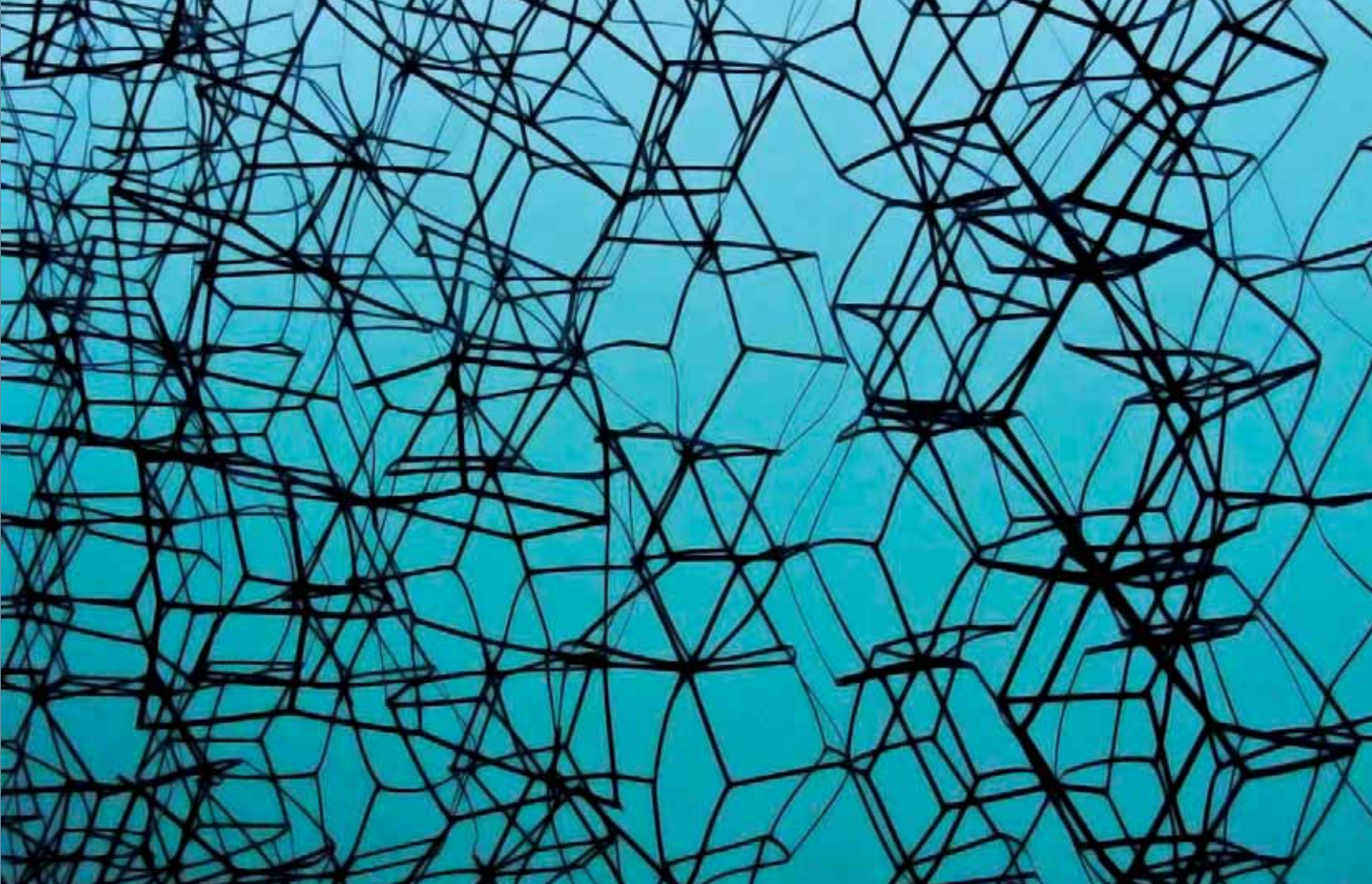


Foto: Pictelia

La tensegridad, dentro del campo de la ingeniería, es un principio estructural formado por un sistema de fuerzas que no necesita restricciones externas, tales como apoyos o condiciones de diseño impuestas, para mantener la correcta relación entre sus elementos. Una estructura tensegrítica es básicamente un conjunto de fuerzas de tracción y compresión que a partir de unos valores determinados de tensión en sus elementos mantienen una forma determinada, siendo la estructura estable por sí misma. Una de las particularidades más destacadas de las estructuras tensegríticas es que su comportamiento mecánico global no se ve influido por la disposición de los elementos ni por el material empleado, siempre y cuando los elementos de la estructura puedan soportar los esfuerzos solicitantes a nivel de sección. Los sistemas tensegríticos, pertenecientes a los sistemas reticulados, transmiten axialmente todas las fuerzas a través de sus elementos, cables y barras (tracción y compresión respectivamente), por lo que el material se aprovecha al máximo al ser solicitado en su forma más eficiente. La conexión entre los elementos se diseña como articulaciones permitiendo el libre giro de los elementos, lo que simplifica el cálculo, montaje y construcción de las uniones.

No cabe duda de que la tensegridad crea asombro y desconcierto en el espectador al contemplar cómo los elementos a compresión de una estructura que, sin estar en contacto entre sí, puede mantener el equilibrio y tener la capacidad de transmitir cargas. La discontinuidad de las líneas de compresiones es una de las principales características de las estructuras tensegríticas y la razón de poseer propiedades únicas en comparación con otras tipologías. Por ello, se las conoce como “estructuras de compresión flotante” o dicho de una manera más gráfica, son “islas de compresiones en un mar de tracciones” (R. B. Fuller). Debido a sus características únicas en el campo de la ingeniería y la arquitectura, estas estructuras deben ser estudiadas como un caso especial dentro del diseño estructural.

### Los orígenes de la tensegridad

La tensegridad llama la atención desde sus misteriosos orígenes aunque se reconoce quién materializó por primera vez la idea de generar un volumen estable en el espacio con líneas de compresión discontinuas. La disputa por determinar quién fue el inventor de la tensegridad se la reparten el arquitecto Buckminster Fuller, el escultor Kenneth Snelson y el ingeniero David Emmerich.

Aunque algunas ideas similares ocurrieran allá por la década de 1920, el tema fue primordialmente tratado por Fuller, reputado arquitecto, diseñador, inventor y filósofo americano creador de la geometría geodésica. Él impulsó la idea y acuñó el término original *tensegrity*, término anglosajón proveniente de la contracción de otros dos: *tensional* e *integrity*, traducido al castellano como “integridad tensional” (Gómez 2007).

En 1940, Fuller creía que el principio tensegrítico era la regla que regía en toda la naturaleza, desde el Sistema Solar hasta los sistemas atómicos. Estaba convencido de que el universo se movía según el principio de integridad tensional. Mientras Fuller ejercía de profesor dando clases de modelos geométricos en Black Mountain Collage (Carolina del Norte, EE UU), uno de sus alumnos, Kenneth Snelson, asombrado por las novedosas ideas que su profesor impartía en las aulas, le presentó un conjunto de diseños en los que había estado trabajando. Aquellos modelos generaban una tipología estructural que hasta la fecha no había sido concebida. Cuando Fuller vio los modelos de Snelson, se dio cuenta de que aquello era lo que había estado buscando durante años y su idea preliminar de tensegridad se llegó a concretar.



Al mismo tiempo, pero al otro lado del Atlántico, David Georges Emmerich empezó a investigar algunos diseños de estructuras basadas en prismas tensados. Como fruto de su trabajo, Emmerich patentó sus “redes autopretensadas” (1964), que eran exactamente los mismos criterios de diseño sobre las que estaban trabajando Snelson y Fuller, cada uno de ellos independientemente.

### Definición de tensegridad

Para establecer las propiedades de la tensegridad en el campo de las estructuras, nos basaremos en la definición realizada por A. Pugh debido a su claridad y simplicidad:

“Un sistema tensegrítico se establece cuando un conjunto de elementos a compresión discontinuos interactúa con un conjunto de elementos a tracción continuos para definir un volumen estable en el espacio” (Pugh 1976).

Según su definición, una tensegridad pura está compuesta de un conjunto de cables continuos a tracción y un conjunto de barras discontinuas a compresión. Sin embargo, muchas estructuras que se desarrollan hoy día dentro del campo de la tensegridad no se ajustan a su definición exacta, como la cubierta del *Georgia Dome* (Atlanta, Estados Unidos), una cubierta tensegrítica “no pura”, ya que posee un anillo de compresión continuo de hormigón que forma el perímetro exterior de la estructura, lo que permite la estabilidad de la cubierta por sí misma en su conjunto.

Una definición alternativa, basada en sus propiedades matemáticas es la siguiente:

“Una tensegridad es un conjunto ordenado finito de puntos en un espacio euclídeo, con una determinada configuración, de los cuales ciertos pares de esos puntos, llamados cables, están obligados a no separarse; y el resto de pares de esos puntos, llamados barras, están obligados a no unirse” (J. E. Charalambides, 2004).

### Propiedades de las estructuras tensegríticas

La configuración que adoptan las tensegridades le reportan una serie de características particulares. A continuación, se enumeran sus principales cualidades:

- En el diseño de sistemas tensegríticos, se parte de la hipótesis de que los elementos están articulados y las cargas externas aplicadas sobre los nudos, en caso de existir. Así pues, los elementos sólo transmiten fuerzas de tracción o compresión. Al ser estructuras que trabajan exclusivamente a esfuerzos axiales,

se obtiene la máxima capacidad resistente de sus materiales, obteniendo una gran capacidad portante si las comparamos con estructuras de peso similar.

- Como estructuras en autoequilibrio, no necesitan de elementos exteriores para mantener su forma, por lo que son independientes de las fuerzas gravitatorias.

- Su capacidad resistente es directamente proporcional al estado tensional de sus elementos: a mayor pretensado mayor capacidad portante.

- La formación de estructuras complejas a partir del ensamblaje de módulos elementales estables por sí mismos le permiten mayor libertad para la definición del proceso de ejecución. Esta concepción estructural permite generar nuevos sistemas a partir de la unión de varios módulos. La propiedad de ser estructuras autoestables formadas por módulos independientes puede generar beneficios en la fase de ejecución, al utilizar la propia estructura como elemento soporte en el proceso constructivo eliminando así medios auxiliares en la fase de montaje.

- La discontinuidad de los elementos a compresión evita la aparición de esfuerzos de torsión en la estructura. Por la reducida esbeltez de sus elementos a compresión, el fenómeno de pandeo raras veces es criterio principal de dimensionamiento de los elementos.

- A partir de una configuración mínima necesaria para su estabilidad, todo elemento a tracción que se añada a la estructura le confiere mayor rigidez, por lo que no hay elementos redundantes.

- No se producen puntos de concentración de esfuerzos. La estructura se comporta como un todo y transmite las cargas a toda la estructura. Los esfuerzos afectan a la estructura de igual modo, independientemente del punto de aplicación.

- Son estructuras muy sensibles a las vibraciones que transfieren rápidamente las cargas a través de sus elementos. Al no existir puntos de debilidad local, es una propiedad muy indicada para situaciones que requieran absorción de impactos o de vibraciones sísmicas. Debido a la gran deformación asociada con las estructuras tensegríticas, es necesario aplicar métodos de cálculo no lineal para determinar su equilibrio, los cuales son considerablemente más complejos que los métodos de rigidez.

- El comportamiento mecánico de las estructuras tensegríticas frente a acciones impuestas genera no linealidades geométricas. La validez de los resultados dependen en gran medida de la optimización de la metodología empleada en la

obtención de la geometría y tensiones de equilibrio, debido a la aplicación de métodos iterativos involucrados en las distintas fases del diseño, principalmente en los concernientes al proceso de búsqueda de forma.

- Son sistemas plegables. La mayoría de las estructuras tensegríticas son sistemas estática y cinemáticamente indeterminados. Los mecanismos internos de la estructura son contrarrestados por el estado de autotensión que sufren las tensegridades. Así pues, el diseñador puede cambiar la forma de la estructura actuando sobre su equilibrio, a partir de los mecanismos infinitesimales, invirtiendo una pequeña cantidad de energía para iniciar el movimiento.

### Conceptos fundamentales

A continuación, se van a tratar conceptos fundamentales de las estructuras tensegríticas, los cuales constituyen el trasfondo mecánico necesario para la comprensión del comportamiento de los sistemas tensegríticos.

La rigidez de los sistemas tensegríticos está condicionada por la estabilidad de los mecanismos infinitesimales con respecto al estado de autotensión. Esta rigidez sólo es posible con una geometría determinada, la cual es consistente con los criterios de equilibrio estático. En la figura 1 se puede observar el movimiento generado por el mecanismo interno (rotación y traslación del triángulo superior con respecto al inferior) que se ve estabilizada por el estado de autotensión ( $ss = m = 1$ ). La figura representada se corresponde a la configuración denominada “simplex”, que conforma la configuración con el mínimo número de elementos posibles de una estructura tensegrítica en tres dimensiones, compuesta por tres barras y nueve cables.

Figura 1. Rotación y traslación del triángulo superior con respecto al inferior en el simplex, debidas a la estabilización del mecanismo interno desarrollada por el estado de autotensión ( $ss = m = 1$ ).





Según Haber y Abel (1982) los parámetros básicos para el diseño de estructuras de membranas traccionadas, también apropiadas para el caso de estructuras tensegríticas, son la determinación de la topología, fuerzas internas, cargas externas, configuración y restricciones geométricas que afectan a la estructura.

La topología define la conectividad de los elementos y los nodos por medio de la denominada matriz de incidencia. Se utiliza la teoría gráfica para definir la relación estructural de los elementos que componen la estructura, quedando definida por el número de nodos y enlaces. El número mínimo de nodos necesarios para formar un sistema tensegrítico es seis en un sistema tridimensional; cuatro en el caso de sistemas bidimensionales, y dos en el caso de sistemas lineales. Las restricciones geométricas descritas en términos de coordenadas nodales, tales como la disposición y dirección de los elementos o las propiedades simétricas son, a menudo, necesarias para asegurar una solución única en el proceso de búsqueda de forma, ya que la mayoría de los sistemas tensegríticos son indeterminados.

Se exponen, a continuación, una serie de suposiciones básicas usadas generalmente para la aplicación del método de búsqueda de forma de las estructuras tensegríticas.

- El estudio de estructuras tensegríticas normalmente idealiza las estructuras como elementos conectados por uniones sin rozamiento e ignorando el peso propio de la estructura. Estrictamente hablando, estas condiciones nunca son satisfechas, pero es una simplificación que ayuda al cálculo y da puntos de referencia significativos.

- Los elementos se consideran solamente sometidos a esfuerzos de tracción o compresión. No se considera el pandeo en elementos comprimidos, debido a su corta longitud rara vez aparece este fenómeno, así como tampoco se considera la relajación de los elementos a tracción. Tampoco se tiene en cuenta la variación de temperatura de los elementos, ni el estado de equilibrio de la estructura se ve afectado por la fuerza de la gravedad.

- Los elementos, ya sean a tracción o compresión, se consideran materiales isotrópicos de comportamiento elástico lineal.

- Las distancias y longitudes están medidas asumiendo que los nodos son puntos de terminaciones concretos. Esta hipótesis permite olvidar las dimensiones reales de los nodos.

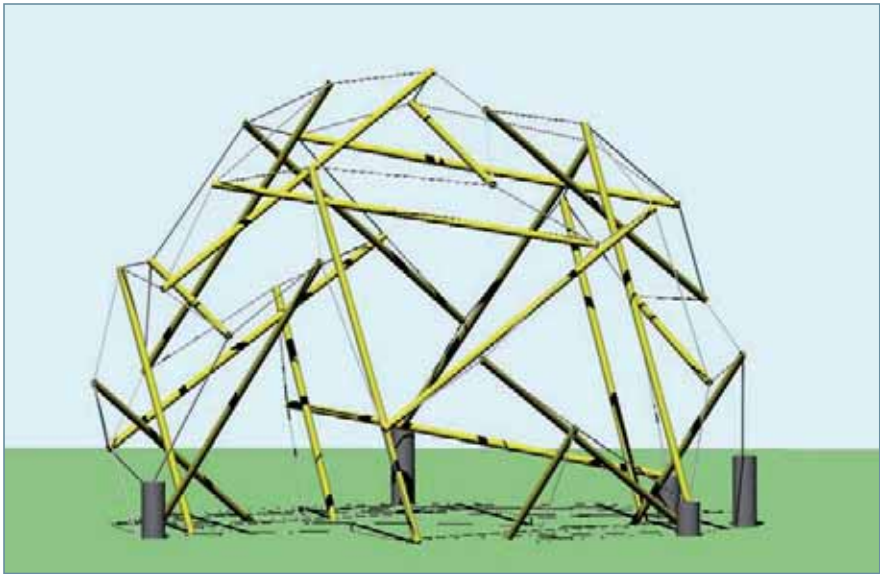


Figura 2. Cúpula tensegrítica en función del icosaedro truncado.

- Las tensegridades son modeladas en situación de autoequilibrio, libres de cualquier fuerza y restricción externa.

Análisis estructural

Un paso clave en el diseño de estructuras tensegríticas es la determinación de su configuración geométrica y tensional, conocida como el proceso de búsqueda de forma (en terminología inglesa *form-finding*).

El método de búsqueda de forma pretende determinar el equilibrio geométrico de la estructura bajo la acción del pretensado. Excepto en casos especiales, la geometría inicial no es conocida, ya que depende del estado de autotensión. Por tanto, se establece una geometría de partida en función de la forma final deseada. Aplicado el pretensado a la estructura inicial se encuentra una nueva geometría por medio de un proceso iterativo. Si esta geometría no satisface los requisitos de diseño, se modifican los esfuerzos de pretensado hasta que la geo-

metría pretensada resultante cumpla con los requisitos de diseño.

A partir del resultado geométrico y tensional de la estructura obtenido en el proceso de búsqueda de forma, se aplican métodos de cálculo no lineal, como el método iterativo de Newton-Raphson, para calcular los esfuerzos y desplazamientos de la estructura bajo la acción de las cargas externas con el fin de dimensionar los elementos de la estructura según la normativa aplicable en cada caso. Hasta la obtención de una geometría y estado tensional en situación de equilibrio, las propiedades mecánicas de los elementos que componen la estructura no han tomado parte en el proceso de diseño, lo que demuestra la independencia de la disposición de los elementos y los materiales utilizados en el proceso de cálculo de equilibrio en cualquier estructura tensegrítica.

Tibert y Pellegrino (2003) clasificaron los métodos existentes para la búsqueda de forma.

Tabla 1. Clasificación de los sistemas reticulados.

Clase	$r_E$	$m, ss$	Observaciones
1	$r_E = b$	$ss = 0$	Sistemas estática y cinemáticamente determinados
	$r_E = N$	$m = 0$	
2	$r_E = b$	$ss = 0$	Sistemas cinemáticamente indeterminados
	$r_E < N$	$m = N - r_A$	
3	$r_E < b$	$ss = b - r_A$	Sistemas estáticamente indeterminados
	$r_E = N$	$m = 0$	
4	$r_E < b$	$ss = b - r_A$	Sistemas estática y cinemáticamente indeterminados
	$r_E < N$	$m = N - r_A$	

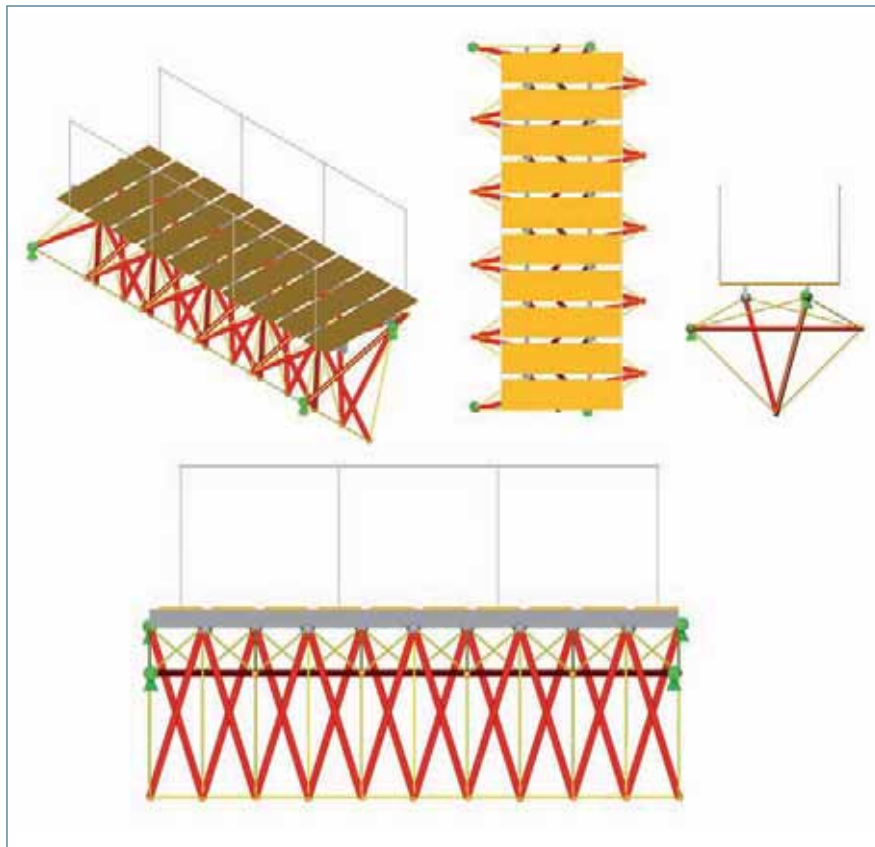


Figura 3. Propuesta de pasarela tensegrítica realizada por el autor formada a partir de la unión varios módulos tipo simplex.

queda de forma de sistemas tensegríticos en dos categorías: métodos cinemáticos y métodos estáticos. Los primeros determinan la configuración de equilibrio a partir de cualquier longitud máxima total de las barras o la mínima longitud total de los cables, mientras que la longitud total del resto de elementos se mantiene constante. Por otro lado, los métodos estáticos buscan configuraciones de equilibrio que permitan la existencia de un estado de pretensado en la estructura con una topología y fuerzas dadas.

Los sistemas tensegríticos se configuran como una subclase de los sistemas reticulados, pertenecientes generalmente a la clase 4 en función del número de estados de autotensión y mecanismos internos (tabla 1). Para comprender los problemas relacionados con la autotensión y los mecanismos que se producen en dichas estructuras es necesario conocer sus indeterminaciones estáticas y cinemáticas, es decir, conocer el orden de mecanismos infinitesimales y comprobar que están estabilizados por el estado de autotensión.

Cuando los elementos de la estructura son ensamblados, la conexión entre estos y sus elementos pueden llevar a una indeterminación cinemática. Es decir, si existe

un desplazamiento que no pertenece a un movimiento del sólido rígido, entonces la estructura se dice que es cinemáticamente indeterminada, y este desplazamiento se llama mecanismo de la estructura. En la mayoría de los casos de estructuras convencionales, se evitan estructuras con mecanismos, puesto que no serán estructuras rígidas (y ni siquiera se les podrá llamar estructuras en el sentido estricto de la palabra). Sin embargo, en el caso de las tensegridades, la activación de un estado de autotensión genera una estabilización del mecanismo interno.

El camino entre las diferentes geometrías se corresponde con los diferentes movimientos (mecanismos) de los elementos. Actuando sobre el estado de autotensión, es decir, variando las tensiones de los elementos y, por tanto, su equilibrio, se produce un movimiento de la estructura. La deformación que sufre la estructura debe respetar en todo momento las condiciones de compatibilidad.

Para una topología dada, el valor de mecanismos internos y estados de autotensión puede ser determinado por técnicas de álgebra lineal a partir de la matriz de equilibrio establecida en la configuración inicial.

## Conclusiones

Como definición básica de la tensegridad, se puede decir que son estructuras articuladas compuestas por elementos traccionados que forman una red continua exterior que mantiene encerrada en su interior elementos a compresión discontinuos generando un volumen estable.

En el diseño de las estructuras tensegríticas se muestra la dificultad de encontrar un estado tensional y geométrico que conformen una estructura estable, debiendo aplicar procesos iterativos en los métodos de búsqueda de forma. En función de la topología de la estructura que diseñar, la elección del método de búsqueda de forma será clave para obtener resultados con configuraciones estables.

El principal problema que presenta esta tipología estructural en la fase de ejecución es el desplazamiento que se produce en los nodos debido al proceso de tesado de los cables. Todas las deformaciones producidas y los diferentes estados tensionales deben ser anticipados en la fase de diseño para poder prever el comportamiento de la estructura en cada momento del tensado y, finalmente, encontrar la geometría requerida en situación de servicio. A mayor dimensión de la estructura, mayores son las tensiones iniciales que se deben introducir para mantener la estabilidad, lo que dificulta el proceso constructivo.

La complejidad en el proceso de ejecución y la sensibilidad que poseen estas estructuras ante acciones solicitantes son las principales barreras que se encuentra la tensegridad para su introducción en el campo de la edificación.

## Bibliografía

- Charalambides, JE (2004). *Computer methods for tensegrity structures*. University of Texas at Austin.
- Gómez Jauregui, V (2007). *Tensegridad: Estructuras tensegríticas en ciencia y arte*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Haber, RB, Abel, JF (1982). Initial equilibrium solution methods for cable reinforced membranes. Part I. Formulations. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 30, 263-284.
- Pugh, A (1976). *An Introduction to Tensegrity*. University of California Press.
- Tibert, G., Pellegrino, S (2003). Review of Form-Finding Methods for Tensegrity Structures. *International Journal of Space Structures* Vol. 18, No. 4, 209-223.

## Mamerto Gamboa Cerezo

mamertogamboa@hotmail.com

Ingeniero industrial e ingeniero técnico industrial, especialidad Mecánica por la Universidad de Málaga. Máster en Gestión de la Tecnología y la Innovación. Desarrolla su carrera profesional como ingeniero en Advanced Bau System, empresa dedicada a la fabricación de paneles estructurales de EPS.



# NUEVO PRODUCTO

Desde el 1 de noviembre de 2009



**mupiti**  
Mutualidad de Previsión Social de  
Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales a prima fija

## Plan de Previsión Asegurado de MUPITI (PPA MUPITI)

**Termina con las rentabilidades negativas de tus planes de pensiones...  
...traspasando tus ahorros a MUPITI**

Mupiti ha creado un nuevo seguro, denominado **PPA MUPITI**, para que puedas movilizar los ahorros que tengas en Planes de Pensiones y Planes de Previsión Asegurados de otras entidades financieras.

Con el PPA MUPITI obtendrás:

- **Aportaciones 100% garantizadas**
- **Interés garantizado hasta la jubilación**
- **Participación en beneficios**
- **Las mismas ventajas fiscales que tu actual Plan de Pensiones**

**No lo demores más, traspasa tu plan de pensiones a MUPITI y disfruta de las garantías y tranquilidad que te ofrece tu Mutualidad.**

RENTABILIDAD DE LOS SEGUROS DE JUBILACIÓN DE MUPITI

rentabilidad 2008\* **3,49%**, rentabilidad últimos 5 años\* **24,72%**

\*Rentabilidades pasadas no garantizan rentabilidades futuras

**Contacta con nosotros, estaremos encantados de asesorarte**

Directamente en nuestra sede:  
C/ Orense, 16, 1º planta. 28020 Madrid  
Tels.: 913 993 155 ó 913 994 690

Con el Vocal-Delegado de MUPITI en tu Colegio o a través de internet:  
[secretari@mupiti.com](mailto:secretari@mupiti.com)  
[www.mupiti.com](http://www.mupiti.com)





# Almacenamiento de energía en infraestructuras eólicas para la optimización del sistema eléctrico

Manuel Ramírez Velasco

*Energy storage in wind power infrastructure for electrical system optimisation*

## RESUMEN

El gran problema al que se enfrentan los sistemas de suministro energético es la dificultad de almacenar energía durante los periodos de baja demanda para, más tarde, poder utilizarla en los picos de demanda. Este problema es especialmente relevante en las energías renovables. Para que las energías renovables constituyan una alternativa realista a las energías consumibles se deben superar los problemas de suministro energético y de almacenamiento. Como opciones tecnológicas para el almacenamiento del recurso eólico, la utilización del aire comprimido es el sistema que mejor se adapta a su variabilidad. Una de las grandes ventajas de almacenar energía mediante compresión de aire es la posibilidad de almacenar el aire comprimido durante largos periodos de tiempo, a diferencia de las baterías de plomo o de litio, que necesitan, en general, realizar descargas diarias o semanales.

Recibido: 5 de octubre de 2010  
Aceptado: 2 de noviembre de 2010

## Palabras clave

Energía, energía eólica, sistema eléctrico, coche eléctrico, almacenamiento de energía

## ABSTRACT

*The big problem facing energy supply systems is the difficulty of storing energy during periods of low demand so that it can then be used during peak demand. This problem is especially relevant in renewable energy. For renewable energy to constitute a realistic alternative, the problems of energy supply and storage must be overcome. In terms of storage technology options for wind power resources, the use of compressed air is the system that best suits its variability. One of the great advantages of storing energy by compressing air is the possibility to store compressed air for long periods of time, unlike lead-acid batteries or lithium batteries which, in general, require daily or weekly discharge.*

Received: October 5, 2010  
Accepted: November 2, 2010

## Keywords

*Energy, wind energy, electrical system, electric car, energy storage*

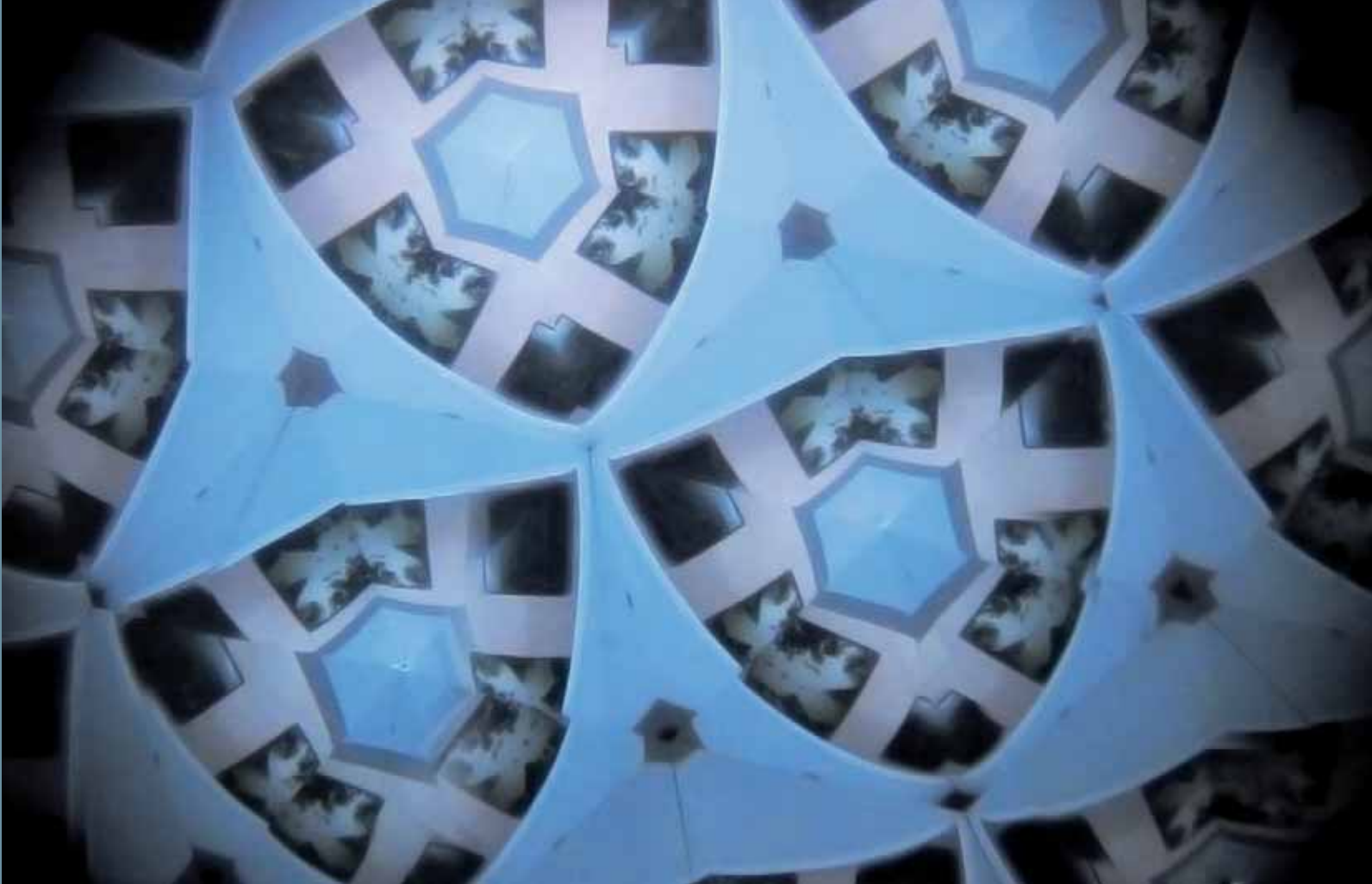


Foto: Pictelia

Hoy en día, la crisis energética mundial originada por la escasez y el elevado coste de los combustibles fósiles o no renovables, como los problemas de contaminación ambiental que estos combustibles generan, ha obligado a la utilización de fuentes de energía renovable que ayuden a superar esta crisis y disminuyan los efectos de contaminación.

Dentro de la gran variedad de generadores de energía eléctrica con recursos renovables, los generadores de energía eólica y solar fotovoltaica son los que, en la actualidad, presentan un mayor avance y desarrollo tecnológico.

A diferencia de los mercados de *commodities* almacenables, en los mercados eléctricos el equilibrio entre demanda y oferta ocurre en tiempo real. Aunque muchos de los sistemas eléctricos actuales operan eficazmente casi sin almacenamiento, la utilización de formas sencillas, económicas y efectivas de guardar electricidad contribuiría a incrementar su confiabilidad y eficiencia.

El almacenamiento de energía nos permite satisfacer la demanda incluso cuando existe un desfase con respecto a la generación.

Si se pretende que las energías renovables constituyan una alternativa realista a las energías consumibles, deben

superar sus problemas de suministro energético y poder almacenar energía durante los periodos de baja demanda (horas valle) para poder utilizar esta energía durante los picos de demanda.

### Curva de demanda eléctrica. Optimización de la infraestructura eléctrica

La curva de carga o de demanda de energía eléctrica en España tiene las siguientes características:

- Horas de menor consumo: noche y primeras horas de la madrugada. Estas horas son las denominadas horas valle.
- Puntos de consumo de mayor demanda a las 12.00, 16.00 y 20.00 horas. Estas horas son los denominados picos de demanda.
- En la curva de demanda semanal se denota que hay diferencia de consumo de un día laboral o festivo y que, además, los factores climatológicos producen una modificación en los hábitos de consumo de los usuarios, esto es, hay diferencias entre la curva de demanda en verano e invierno.

Debido a las variaciones de consumo horario diario anteriormente comentadas, la curva de demanda diaria, como se verá a continuación, tiene grandes diferencias entre los consumos en los picos

de demanda y las horas valle. Por tanto, la eficiencia de la infraestructura eléctrica española no es la óptima, es decir, se puede mejorar tanto más se aplane la curva.

Para justificar esta afirmación, nos vamos a basar en la curva de carga del día en el que más potencia eléctrica se demandó en el año 2009 (13 de enero, figura 1).

A la vista de la gráfica de la figura 1, se puede estimar que el aprovechamiento o la eficiencia del sistema para ese día es del 77%; hay, pues, un 23% de la capacidad del sistema sin utilizar.

Una de las soluciones para aumentar la eficacia del sistema es la gestión de la demanda. Sin embargo, frente a la dificultad de conseguir todos los datos necesarios, en general, se suelen introducir nuevas demandas de manera que permitan suavizar la curva de demanda. En la España peninsular, se dan dos elementos muy importantes: la limitada capacidad de bombeo, que supone la alternativa óptima de almacenamiento nocturno, y las dificultades de colocar excedentes de generación en los sistemas eléctricos de los países vecinos. Ante esto, en España se apuesta por dos opciones:

1. La apuesta por los vehículos eléctricos es, por tanto, una alternativa con un claro potencial. Es importante tener

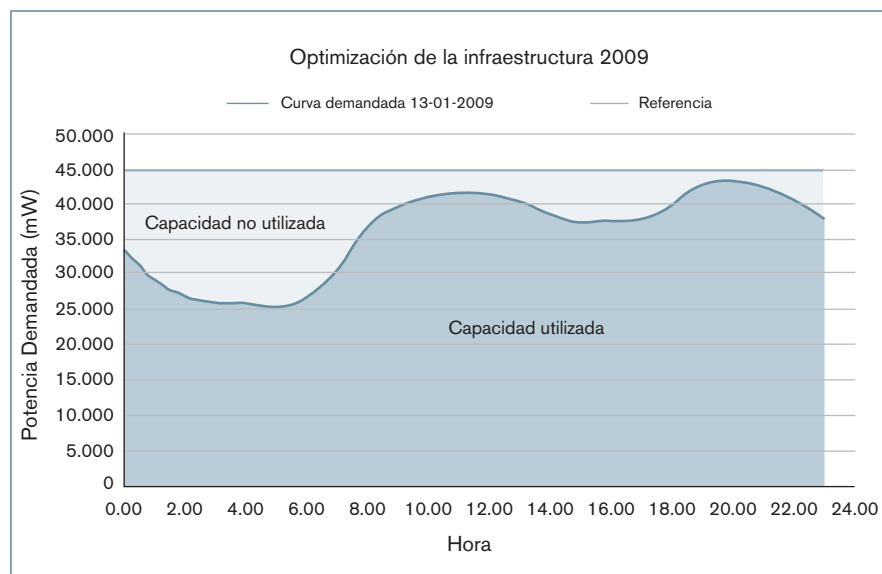


Figura 1. Eficacia del sistema el 13-1-2009.

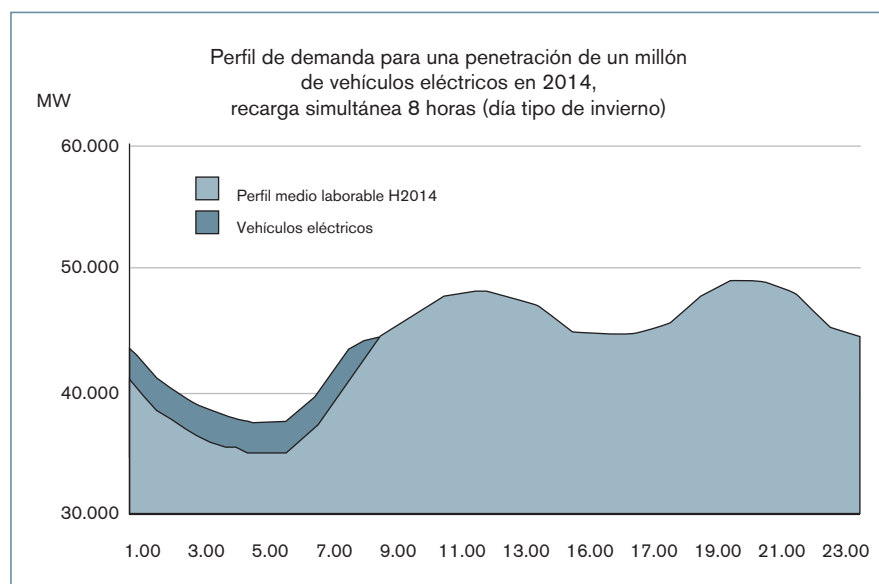


Figura 2. Curva de demanda eléctrica con vehículo eléctrico.

Figura 3. Conexión del coche eléctrico a la red.



en cuenta que el incremento de la demanda con vehículos eléctricos obligará a una mayor contribución e integración por parte de las renovables, lo que una vez más redundará en la necesidad de dotar de una mayor flexibilidad la operación del sistema con esta y otras soluciones. Los vehículos eléctricos permitirán, inicialmente, incorporar nuevas cargas en horas de baja demanda y, posteriormente, modular cargas en diferentes periodos.

Un vehículo eléctrico medio consume alrededor de 14 kWh por cada 100 km; un coche que recorra unos 15.000 km al año consumiría 2.100 kWh, equiparable al consumo doméstico medio. Evidentemente, el cuello de botella está en la capacidad de carga de las propias baterías, aunque, en principio, parece viable la carga de unos 5-7 kWh durante la noche en un enchufe casero, lo cual sería suficiente para el recorrido que va a realizar un vehículo durante el día.

Se estima que en el año 2014, el impacto en el sistema eléctrico de una hipotética implantación de un millón de coches eléctricos (aproximadamente, el 6,5% del actual parque automovilístico en España) sería aumentar la demanda de energía en 3.500 GWh al año.

En la figura 2 se observa cómo cambiaría la curva de demanda con el consumo adicional que supondría la recarga de dos millones de coches eléctricos. Si suponemos que la carga del vehículo se produce uniformemente durante siete horas y que durante la noche tienen menos consumo, el incremento en la demanda sería de unos 2.000 MW en cada una de esas 7 horas, suponiendo que cada batería se recargara con 7 kWh (energía suficiente para recorrer 70 km).

Sin embargo, la operación podría ser mucho más flexible con la utilización de sistemas inteligentes que siguieran la evolución demanda general del sistema.

La carga durante las horas de la tarde podría hacerse en los aparcamientos de los edificios de oficinas donde se ubican los vehículos, pero aquí aparece uno de los temas fundamentales de futuro: la capacidad de las propias redes, sobre todo de distribución, que en algunos casos podrían duplicar las cargas inicialmente previstas.

También existiría incluso la opción de suministrar energía a la red entre las 20.00 y las 23.00 horas, que es cuando se suele producir el mayor pico de demanda, en el punto de recarga eléctrica instalado en los garajes de las casas.

2. Otra opción para suavizar la curva de demanda y aumentar la eficacia del



sistema es la utilización de sistemas de almacenamiento de energía. Pueden trabajar de la misma manera que el coche eléctrico, es decir, pueden cargarse en horas nocturnas (horas valle) y generar parte de la energía almacenada entre las 14.00 y las 22.00 horas.

### Necesidad de acumulación de energía en sistemas de suministro con fuentes renovables. Problemática de la energía eólica

El gran problema al que se enfrentan los sistemas de suministro energético es la dificultad (y el coste económico) de almacenar energía durante los periodos de baja demanda para poder utilizarla durante los picos de demanda. Esto es particularmente relevante desde el punto de vista de las energías renovables, si se pretende que constituyan una alternativa realista a las energías consumibles. En efecto, es muy difícil que la producción de energía se adecue perfectamente a la necesidad o demanda por parte de los consumidores (variabilidad del recurso eólico, no hay solar durante la noche). Por tanto, es primordial poder almacenar el excedente de energía eléctrica producido. En general, en la actualidad, se utilizan baterías de plomo para realizar esta tarea.

El caso eólico es fiel reflejo de las anteriores reflexiones. Cuando se utiliza el viento (recurso limpio, autóctono e inagotable) como fuente primaria de energía, si bien no existen costos de combustibles y se tiene un bajo impacto ambiental, se presenta el problema de la aleatoriedad de este recurso. La generación eólica no se considera segura (tiene un carácter no gestionable) en el momento de realizar los cálculos de planificación de la operación del sistema de potencia.

Antes de la instalación de grandes parques eólicos, se realizan estudios estadísticos para determinar valores medios de velocidad y dirección principal del viento. Estos valores medios son útiles para determinar la factibilidad técnico-económica del proyecto y, posteriormente, para realizar la planificación de la operación del sistema a largo plazo. Sin embargo, para la planificación de la operación a corto plazo, estos valores no pueden ser utilizados. Una determinación de valores medios en muy corto plazo, dado la elevada tasa de variación del viento no garantizaría tampoco la disponibilidad del recurso.

Anexamente a este problema, se presenta la problemática de la incapacidad

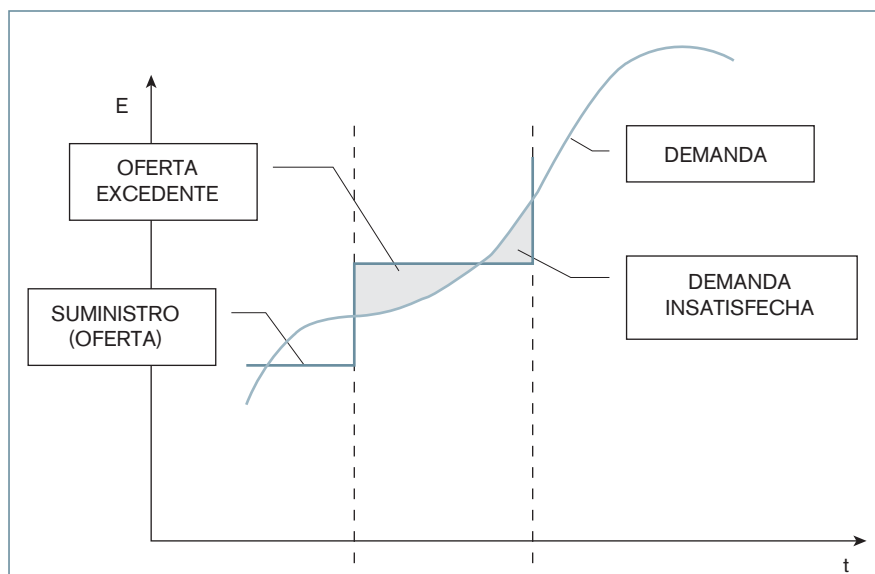


Figura 4. Curva de oferta-demanda.

de almacenar y transportar esta fuente de energía en las situaciones de desequilibrio entre oferta y demanda. Se produce energía eléctrica cuando el sistema o los operadores del sistema puedan no requerir de la misma, es decir, habrá situaciones en las que la producción eléctrica sea superior a la demanda, y otras en las que ocurra lo contrario (figura 4). Esta energía se suele desaprovechar y se presenta como una de las mayores preocupaciones de las asociaciones del sector y del gestor del sistema.

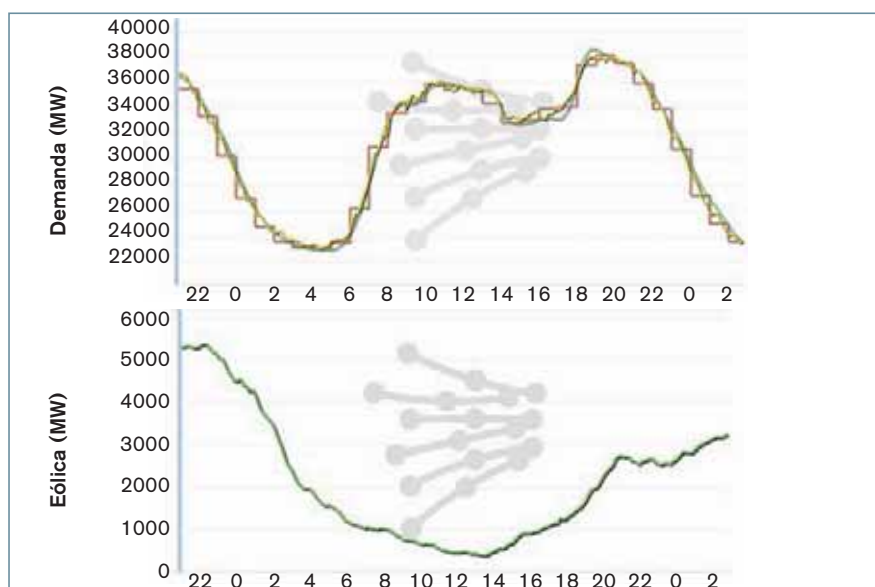
Como una de las soluciones a la imprevisibilidad de la energía generada por medios de unidades eólicas se presenta la utilización de medios de almacenamiento de energía o ESS (*energy storage systems*).

En el contexto del mercado eléctrico, los principales objetivos del almacenamiento de energía son:

- Aumentar la eficiencia de los sistemas eléctricos, al reducir la necesidad de centrales de generación de respaldo.
- Aumentar la confiabilidad de los sistemas eléctricos, al evitar los costos de interrupción del suministro.
- Aumentar la disponibilidad de fuentes renovables (solar, eólica).
- Aumentar el factor de utilización en las plantas de generación renovables.

Otra razón que justifica el almacenamiento de energía generada mediante energía eólica es la no coincidencia de la máxima demanda con la máxima generación de eólica, es decir, las horas pico

Figura 5. Curva de demanda eléctrica-generación eólica.



de demanda no son las mismas que las horas pico de generación, tal como se observa en la figura 5.

Esta gráfica corresponde al 11 de noviembre de 2008, cuando en las horas de máxima demanda, la generación eólica fue la más baja de todo el día. Asimismo, se puede ver como la generación eólica disminuye de 5.000 MW a 500 MW en 10 horas.

Si se disponen de sistemas de almacenamiento de energía, se puede incrementar la aportación por parte de la eólica en estas horas pico.

### Principales sistemas de almacenamiento de energía

Las técnicas de almacenamiento de energía pueden ser clasificadas en función de diferentes criterios:

- Del tipo de aplicación: permanente o portable.
- Duración del almacenamiento: cortos o largos periodos.
- La potencia máxima demandada.

Por tanto, es necesario analizar las características fundamentales de los sistemas de almacenamiento con el objeto de establecer criterios para seleccionar la mejor tecnología. La elección del tipo de almacenamiento se basa en los siguientes criterios: tiempo de almacenamiento, potencia disponible, grado de descarga, tiempo de descarga, localización, ciclos de vida útil, rendimiento, autonomía, costes, densidad de energía volumétrica ( $\text{kJ}/\text{m}^3$ ).

El almacenamiento de energía eléctrica se puede conseguir de forma eficaz. Para ello, la energía eléctrica debe ser almacenada como otra forma de energía y cuando se demande, se volverá a transformar en energía eléctrica.

### Centrales de bombeo

Su principio de funcionamiento es bien conocido: durante los periodos en los que la demanda es baja, estas centrales utilizan la electricidad sobrante para bombear el agua desde el depósito inferior hacia el depósito superior (figura 6). Cuando la demanda es muy elevada, el agua sale del depósito superior y activa las turbinas para generar energía eléctrica en horas pico.

Las centrales de bombeo hidroeléctricas tienen grado de eficacia de entre el 65% y el 80%. En general, se puede afirmar que, considerando el rendimiento del ciclo, se necesitan 4 MWh para generar tres.

### Almacenamiento de energía mediante pilas de combustible de hidrógeno

Las pilas de combustible (figura 7) son un medio de restablecer la energía gastada para producir hidrógeno mediante electrólisis del agua. La oxidación-reducción entre el hidrógeno y el oxígeno es una reacción simple que se produce dentro de una estructura formada por dos electrodos (ánodo-cátodo) separados por un electrolito.

### Almacenamiento químico: baterías

Es un sistema bien conocido por todos; el almacenamiento químico se lleva a cabo a través de acumuladores (figura 8). Estos sistemas tienen la doble finalidad de almacenar y liberar electricidad alternando fases de carga y descarga. Estos acumuladores pueden transformar la energía química generada mediante reacciones electroquímicas en energía eléctrica y viceversa, sin emisiones contaminantes y ruidos y, además, requiere poco mantenimiento.

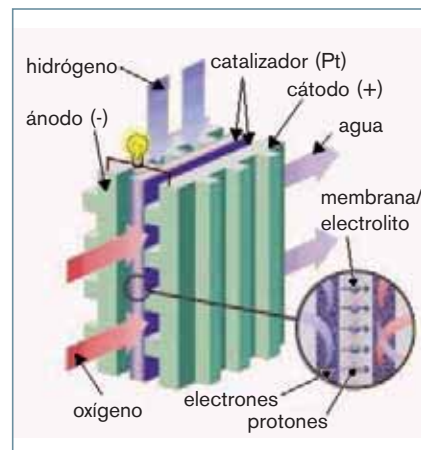


Figura 7. Pila de combustible.



Figura 8. Baterías.

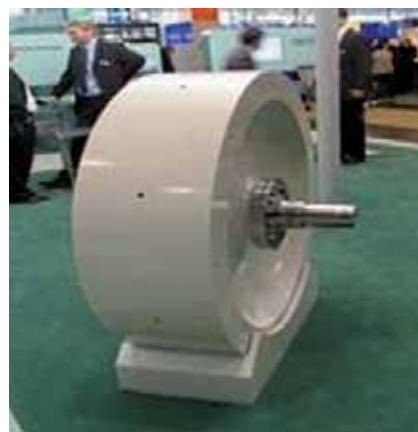
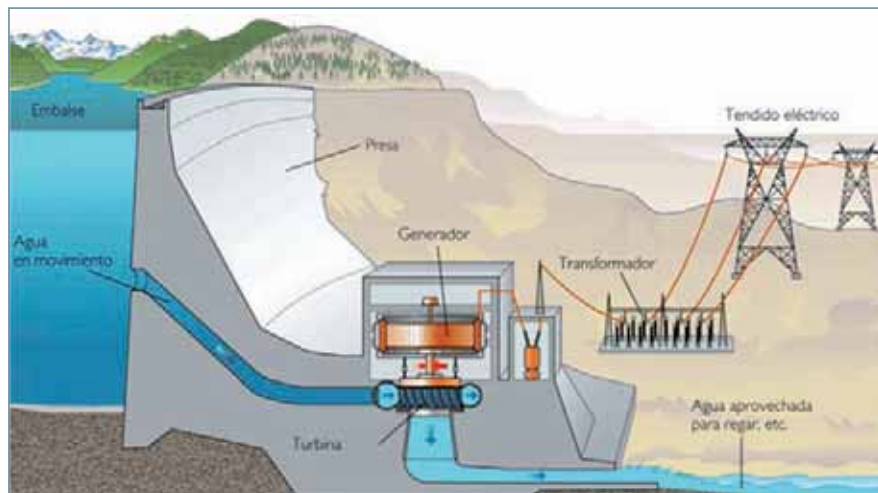


Figura 9. Volante de inercia.

Figura 6. Almacenamiento de energía en un parque eólico mediante centrales de bombeo.



### Almacenamiento de energía mecánico (volante de inercia)

Los acumuladores de energía mediante volante de inercia (figura 9) están compuestos de un volante de inercia acoplado (normalmente con bridas magnéticas) al eje de un generador.

### Almacenamiento de energía en supercondensadores

El almacenamiento de energía en supercondensadores (figura 10) se realiza en forma de campo eléctrico entre dos electrodos. Es el mismo principio que los condensadores excepto que el material



Figura 10. Supercondensadores.

aislante es reemplazado por un electrolito conductor.

La energía obtenida es superior a la obtenida en condensadores (aproximadamente, en 15 Wh/kg). Del mismo modo, su coste también es más elevado, pero tiene una mejor capacidad de descarga debido al lento desplazamiento de los iones en el electrolito.

#### Almacenamiento de energía por aire comprimido (CAES)

Este sistema de almacenamiento (figura 11) se lleva a cabo a alta presión (40-70 bares) y a temperaturas cercanas a la ambiente. Esto conlleva depósitos con menor volumen. Un gran número de estudios realizados han concluido que el aire debe ser comprimido y almacenado en el subsuelo y en tuberías altamente presurizadas (20-100 bares).

Una planta de generación de energía con una turbina de gas utiliza dos tercios de la potencia disponible para comprimir el aire de la combustión. Mediante este sistema, se consigue separar el proceso en varias fases para utilizar la energía para comprimir el aire (durante horas valle-horas de almacenamiento) y, posteriormente, se produce, durante las horas pico (de demanda), tres veces la potencia para el mismo consumo de combustible expandiendo el aire en una cámara de combustión antes de introducir el aire en las turbinas. El calor residual se recupera del humo y se usa para calentar el aire.

La densidad de energía para este tipo de sistemas está alrededor de 12 kW/m<sup>3</sup> y el rendimiento estimado se sitúa en torno al 70%.

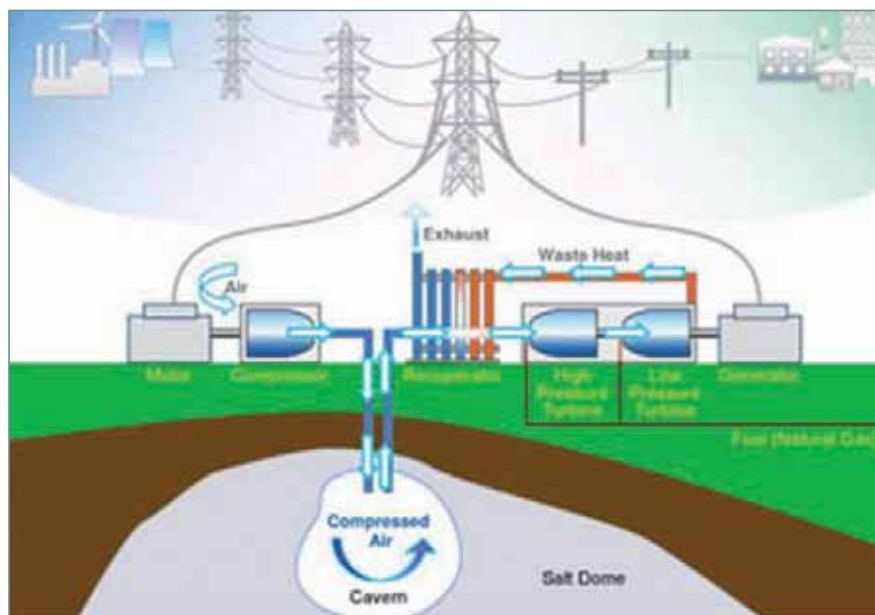
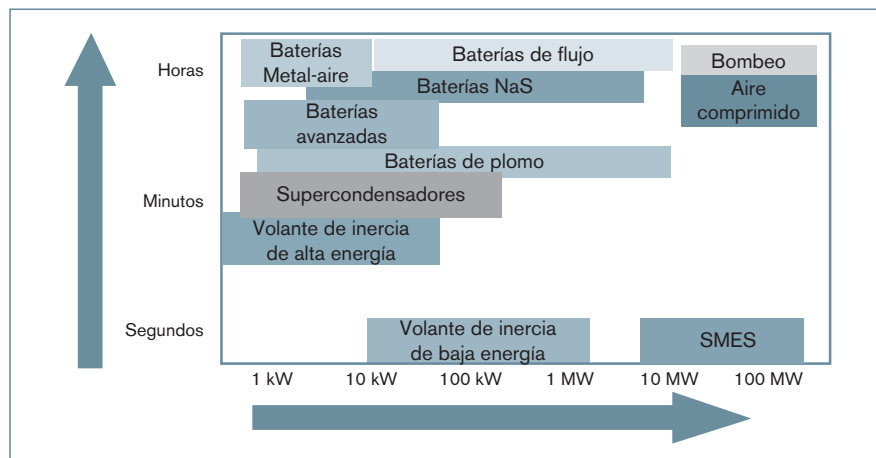


Figura 11. Almacenamiento de energía por aire comprimido.

Figura 12. Tabla comparativa.



#### Comparativa

A la vista de la comparativa de la figura 12, se pueden obtener varias conclusiones en función de varios parámetros:

1. Energía generada: tanto los sistemas de almacenamiento de energía basados en centrales de bombeo como en compresión de aire (CAES) son idóneos para gran escala (varias decenas de GWh). En rangos medios se sitúan los volantes de inercia, baterías y superconductores magnéticos. En el extremo inferior, supercondensadores y plantas de almacenamiento térmico (entre 10 y 100 GWh).

2. Potencia instalada: se puede hacer una clasificación similar a la del punto anterior.

3. Eficacia de los sistemas: Los sistemas que obtienen una eficacia mayor (alrededor del 90%) son los de volante de inercia, supercondensadores, supercon-



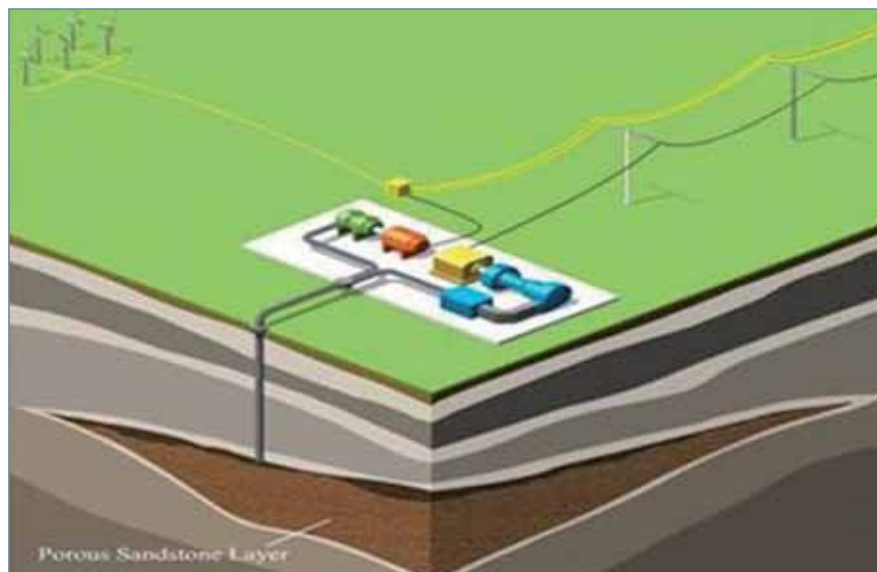


Figura 13. Instalación del Iowa Storage Energy Park (EE UU).

ductores magnéticos y almacenamiento térmico. En un rango medio se sitúan el resto de sistemas (alrededor del 70%)

4. Tiempo de carga-descarga: parámetro fundamental. Los sistemas más rápidos son los supercondensadores (su unidad de medida son los segundos). A continuación, se sitúan los volantes de inercia (minutos), seguidos de los superconductores magnéticos (desde minutos hasta horas). En el extremo inferior se colocan el resto de sistemas (horas).

5. Ciclo de vida: todos los sistemas soportan un elevado número de ciclos, más de 10.000 (100.000 ciclos para los supercondensadores). La excepción son las baterías que tienen una duración máxima de 2.000 ciclos.

6. Necesidades físicas de la ubicación y tamaño de la instalación: en general, este parámetro es decisivo para adoptar un sistema u otro. El sistema CAES es el que más inconvenientes de localización presenta, ya que es necesaria la presencia de cuevas o cavernas subterráneas donde se realiza la compresión del aire.

#### ¿Cuál es el sistema de almacenamiento que mejor se adapta a las energías renovables?

Los sistemas de almacenamiento de energía mediante compresión de aire CAES son la principal solución para las energías renovables. Para estas energías, el tiempo de almacenamiento necesario puede ser de horas, días o incluso meses y estos sistemas permiten esta aplicabilidad. Además, es una tecnología madura y en la actualidad existen varios proyectos en marcha: Huntorf (Alemania), McIntosh (EE UU). Las esperanzas están

puestas en el Iowa Storage Energy Park (Iowa, EE UU), un proyecto estadounidense en marcha que cuenta con el respaldo tecnológico de Sandia National Laboratories (figura 13).

Con la energía proporcionada por los aerogeneradores, se comprimirá y guardará aire en un acuífero situado a 1.000 metros de profundidad en el centro del estado de Iowa, usado hasta ahora para atesorar gas natural. Se espera que en 2011 el futuro parque eólico, cuya construcción costará unos 130 millones de euros, suministre 270 MW 16 horas al día. En esta instalación, cuando no se necesita generar electricidad, el aire se almacena en una formación geológica subterránea profunda para su uso posterior en la generación de electricidad.

La electricidad que produce se puede utilizar cuando sea necesario, especialmente durante las horas pico de alta demanda. Este proceso utiliza menos combustible que una instalación convencional de combustión de la turbina.

A pesar de todo esto, el aire comprimido tiene algunos inconvenientes que hacen que su uso sea limitado. Por ejemplo:

a. Tienen unos requisitos de ubicación muy restrictivos, ya que deben ser grandes extensiones de terreno y, además, hay que disponer de cuevas para almacenar el aire comprimido.

b. Elevado tiempo de respuesta: se puede hablar de minutos, incluso horas, es decir, tienen poca flexibilidad ante una demanda.

c. Problemas de fugas y fricción debido a la naturaleza gaseosa del aire.

d. Moderado rendimiento (alrededor del 70%).

e. Las ratios de presión y de eficiencia en los sistemas de conversión neumáticos son bajas.

Por tanto, la mayoría de investigaciones están orientadas a superar estas limitaciones. Para reducir el tamaño de estas instalaciones se están realizando prototipos (pronto saldrán al mercado) que hibridan los sistemas de conversión neumático con los hidráulicos, dando lugar a los sistemas hidroneumáticos (se consiguen grandes ratios de presión con dispositivos de pequeño tamaño). Del mismo modo, para mejorar el rendimiento y disminuir el tiempo de respuesta, se ha conseguido unir los sistemas hidroneumáticos con los supercondensadores. Estos nuevos dispositivos van encaminados a integrarse en los sistemas de generación minieólica en entornos urbanos formando parte de la generación distribuida.

Mediante la aprobación de la Ley de Economía Sostenible (redactada por el Ministerio de Industria y Energía de España y aprobada por el Consejo de Ministros el 19 de marzo de 2010), parece asegurado que el futuro de los sistemas eléctricos está en la generación distribuida y la *smart grid*. El Gobierno español eliminará las barreras tecnológicas, económicas y administrativas para conseguir la integración de la generación distribuida en el sistema eléctrico.

#### Bibliografía

- Ramírez Velasco, M (2010). Proyecto Fin de Carrera. Sistema de apoyo a infraestructuras eólicas mediante almacenamiento de energía por compresión de fluido. UPCO.
- Operador del Mercado Ibérico de Energía OMEL. Informe anual 2009. 2010.
- Ceña, A (2009). El coche eléctrico.
- Lemofouet Gatsi, S (2006). Investigation and optimisation of hybrid electricity storage systems based on compressed air and supercapacitors. Lausanne: École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Tesis doctoral.
- Solé, C (2009). Descripción del sistema y mercado eléctrico español. Cursos de verano de la Universidad Complutense.
- Asociación Empresarial Eólica. Anuario de la Energía Eólica.
- Penacho, J (2009). Introducción al mercado de la electricidad: presente y futuro. Asociación de Empresas con GRan consumo de Energía, AEGE.
- Merino Azcárraga, J M (2005). Energías renovables: integración en el sistema eléctrico.

Manuel Ramírez Velasco

mramirezicai@hotmail.com

Ingeniero industrial por la Universidad Europea de Madrid e ingeniero técnico industrial, especialidad en mecánica, por la Universidad Pontificia Comillas ICAL.

# De su proveedor de confianza...

## Sistemas de espuma para PCI



Cuando se trata de proteger riesgos en entornos críticos, no se puede hacer concesiones. Es necesario disponer del asesoramiento de profesionales, y de productos de confianza. Viking es la garantía en ambos casos: Con el mejor servicio técnico del mercado y los productos más fiables, usted tendrá la seguridad de que opta por la solución más adecuada a su caso.

Contamos con productos propios, como la prestigiosa gama de equipos de almacenamiento y descarga KCA, y con espumógenos de terceros. Equipos y espumógenos, sometidos a los ensayos más exigentes, han sido homologados por las entidades más prestigiosas, proporcionando así una seguridad adicional en cuanto a su rendimiento ante el fuego.

Contacte con Viking. Sabemos proporcionarle la solución más eficaz para las situaciones más difíciles y comprometidas.

Viking Sprinkler, S.A.  
Mar Cantábrico, 10  
P.I. San Fernando I  
28830 San Fernando de Henares. Madrid

Tel + 916 778 352  
Fax + 916 778 498  
Email: [vikingspain@vikingcorp.com](mailto:vikingspain@vikingcorp.com)  
Web: [www.vikingspain.com](http://www.vikingspain.com)

Protección Contra Incendios en todo el mundo

**VIKING**<sup>®</sup>



Envíenos sus datos para obtener más información:

Nombre..... Email.....

Empresa..... Teléf. .... Fax.....



## SEVILLA

### >> Intensa actividad formativa y gestiones sobre el visado en el último trimestre de 2010

La formación y las gestiones relacionadas con el visado profesional centraron los esfuerzos realizados por la Junta del Colegio de Sevilla durante los últimos meses de 2010, a lo que se unió el amplio programa de actividades de carácter profesional, corporativo, cultural y de acción social de la temporada. Entre estas actividades destacaron las realizadas para promover la música en sus distintas modalidades, clásica, flamenco, jazz, etc., los viajes culturales y la convocatoria de un concurso de carteles relacionado con la tradicional Semana Santa de Sevilla, además de la oferta lúdica para los *senior* de esta corporación. El año terminó con la celebración de varios actos sociales con motivo de la Navidad y fiesta de Reyes para la familia pequeña del colectivo.

#### Cursos para autónomos y desempleados

En lo que se refiere a la formación, se desarrolló un rico calendario de cursos, entre los que figuraron dos sobre *Proyecto, cálculo y dimensionado de instalaciones de protección contra incendios* y cuatro más sobre *El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios*. Todos ellos fueron subvencionados por la Junta de Andalucía, el Fondo Social Europeo y la UPTA-Andalucía. Los cursos contaron con la colaboración de ATC3 y se celebraron en las instalaciones de Aerópolis.



Jornada sobre la Ley de la Vivienda en Andalucía, en la que participó el secretario general de Vivienda, Rehabilitación y Arquitectura, Alfonso Rodríguez Gómez de Celis.

También se llevaron a cabo dos talleres formativos para la utilización del programa de gestión telemática de certificación de instalaciones PUES que contaron con la colaboración de la Federación Andaluza de Profesionales Industriales Electricistas (FAPIE).

El colegio ha convocado, además, un *Curso de Experto en Gestión de Sistemas Integrados*, de 400 horas, que se impartirá hasta febrero de 2011. Subvencionado por la Junta de Andalucía, el Fondo Social Europeo y la UPTA Andalucía, este curso, en colaboración con ATC 3, se dirige a colegiados autónomos y reserva algunas plazas específicas para desempleados.

El 28 de octubre se celebró una jornada informativa sobre *La Ley de Vivienda en Andalucía*, con el respaldo de la Consejería



El colegio reunió a la junta consultiva, integrada por miembros de prestigio de la profesión, así como anteriores cargos directivos de la corporación y los actuales.

de Obras Públicas y Vivienda, que ofreció su visión técnica de esta ley a través del secretario general de Vivienda, Rehabilitación y Arquitectura, Alfonso Rodríguez Gómez de Celis.

Destaca también, por su importancia, las gestiones de este colegio con las universidades Alfonso X El Sabio y Universidad Europea de Madrid sobre el acceso y la convalidación de los títulos de Grado.

#### Actuaciones en torno al visado

La junta de gobierno del colegio y su decano, Francisco José Reyna Martín, dedicaron también el trimestre a mantener contactos con la Administración para establecer acuerdos que añadan valor técnico-documental a los trabajos profesionales. En lo que se refiere al decreto sobre el visado profesional, el colegio convocó a su junta consultiva delegada para debatir las acciones de la Junta de Gobierno. JSA

## CÁCERES

### >> El colegio distinguió a la central nuclear de Trillo en su encuentro nacional de convivencia

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Cáceres celebró su encuentro anual de convivencia, que incluyó el tradicional acto institucional y la cena de hermandad, en la que, como cada año, se reconoció la labor desarrollada por aquellos compañeros que cumplían los 25 años de profesión. La celebra-

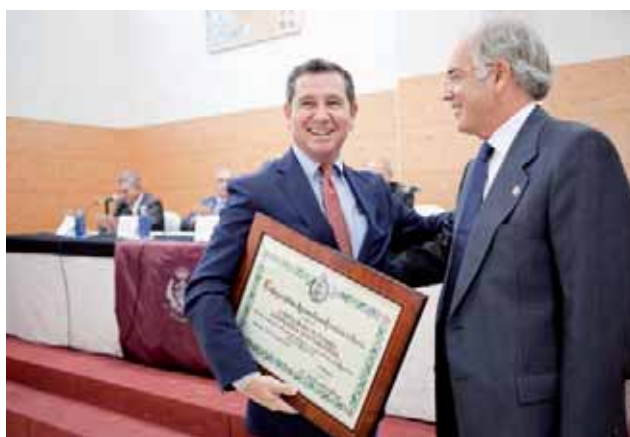


José Escribano Rubio recibió el título de Socio de Mérito por la UAITIE, por su larga vida profesional dedicada a la profesión libre.



ción se celebró el pasado 2 de octubre. En el mismo acto se llevó a cabo el nombramiento de Socio de Mérito por la UAITIE a José Escribano Rubio por su larga vida profesional dedicada a la profesión libre en exclusividad.

El colegio quiso destacar ante la sociedad la importante labor que la ingeniería técnica industrial ha aportado a través de la central nuclear de Almaraz-Trillo, empresa distinguida del año por esta corporación. En la actualidad, 62 profesionales de esta carrera forman parte de la plantilla y otros 22 compañeros trabajan en empresas colaboradoras de la central.



El decano del colegio de Cáceres entrega el título de Empresa Distinguida del año al director de la central nuclear de Almaraz-Trillo, José María Bernaldo de Quirós.

El decano, José Manuel Cebriá Álvarez, hizo especial mención a la importancia de las relaciones que mantienen las instituciones corporativas de la ingeniería Cogiti-UAITIE y los colegios con la Universidad y las escuelas técnicas sobre los nuevos planes de estudio. El decano se refirió a los compañeros homenajeados con motivo de las bodas de plata de la profesión y destacó la distinción que este colegio ha tenido con la central nuclear de Almaraz-Trillo. El acto estuvo presidido por el consejero de Industria y Medio Ambiente, José Luis Navarro Ribera. JSA

## ALICANTE

### >>> El colegio se incorpora a la Red PI+DI+i del CDTI y asesorará sobre proyectos innovadores

El Colegio de Alicante se ha incorporado a la Red PI+D+i, como punto de información y asesoramiento para empresas y emprendedores que busquen formas de financiar actividades de investigación, desarrollo e innovación. La Red PI+D+i, dependiente del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), ofrece información personalizada sobre los instrumentos de financiación procedentes de organismos españoles, en cualquier ámbito de la Administración, sea local, autonómica, central o de la Unión Europea para proyectos innovadores.

El CDTI es una Entidad Pública dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación que canaliza las solicitudes de financiación y apoyo a los proyectos de I+D+I, con acciones en toda

## INGENIERÍA Y SOCIEDAD

### Un ingeniero técnico, Antonio Ruano, presidente de los Jóvenes Empresarios de Jaén

Antonio Ruano, director general de Inteltec Ingeniería, fue elegido el pasado mes de diciembre presidente de la Asociación de Jóvenes Empresarios (AJE) de Jaén. Ruano, de 31 años, es ingeniero técnico industrial y electrónico desde 2001. Dos años después de terminar su formación creó su primera empresa dedicada a las energías renovables y medio ambiente. Desde entonces también participa en la AJE.

### El Ayuntamiento de Murcia escucha a ingenieros y empresarios y modifica una ordenanza

El Ayuntamiento de Murcia ha introducido varios cambios en el borrador de la Ordenanza de Protección de la Atmósfera como resultado de la propuesta realizada por representantes del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Murcia y la Federación Regional de Empresarios del Metal. Ingenieros y empresarios plantearon a la concejalía de Medio Ambiente y Calidad Urbana la conveniencia de introducir en la ordenanza puntos ya recogidos en las nuevas normativas existentes, como el Código Técnico de la Edificación y la Ley Regional de Protección Ambiental Integrada.

### Peritos e ingenieros técnicos industriales de Málaga visitan las obras del futuro metro

Una representación del Colegio de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales, con el decano del Colegio, Antonio Serrano, al frente, recorrió las obras de la línea 2 del metro de Málaga el pasado diciembre. Los ingenieros pudieron visitar la estación El Torcal, una de las más avanzadas de todo el trazado, en la que se desarrollan diferentes trabajos de instalaciones y sistemas. Los ingenieros recibieron información directa y detallada sobre las escaleras y ascensores, el vestíbulo y las instalaciones de acceso y el andén donde se colocan ya los carriles de vía. La ejecución del metro corre a cargo de la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Las líneas 1 y 2 del metro de Málaga tienen una longitud total de 13,5 kilómetros.

### Equipos de siete universidades españolas participarán en Solar Decathlon 2012

Cuatro equipos de siete universidades españolas participarán en la próxima convocatoria Solar Decathlon Europa, que se celebrará en 2012. El resto de los equipos, hasta un total de 20, proceden de Alemania, Brasil, China, Dinamarca, Egipto, Francia, Hungría, Italia, Japón, Noruega, Países Bajos, Portugal y Rumanía. Solar Decathlon Europe, cuya primera edición se celebró el Madrid en 2010, reúne a equipos multidisciplinares de procedencia universitaria que presentarán prototipos de viviendas solares reales, innovadoras y con un proyecto comercial aplicable. El objetivo de este encuentro es, además, difundir entre la población la necesidad y posibilidad de aplicar las energías renovables en la vivienda. Solar Decathlon Europa está organizado por el Ministerio de la Vivienda, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid y el apoyo del Departamento de Energía de EE UU.

# CONSEJO GENERAL

## El 26 de marzo, elecciones para la ejecutiva del Cogiti y la Junta Directiva de la UAITI

La junta de gobierno del consejo general ha convocado elecciones para renovar la junta ejecutiva del Cogiti para el próximo 26 de marzo. Coincidiendo con éstas se celebrarán también las elecciones de miembros de la junta directiva de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales de España (UAITI), según la decisión adoptada por este órgano el pasado 17 de diciembre. El Cogiti decidió enviar la convocatoria formal de elecciones a todos los colegios a lo largo de este mes. También lo hará la UAITI a todas las asociaciones representadas.

## El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial usa ya su nueva imagen institucional

El Consejo General comenzó a utilizar su nueva imagen institucional el pasado 1 de febrero. Esta nueva identidad corporativa refleja la evolución de la institución hacia los nuevos tiempos, con un nuevo logotipo, sustituto del que ha representado al consejo durante los últimos 20 años. El Cogiti ha pasado también a denominarse Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (en lugar de Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales).

Este cambio corporativo pretende dar una imagen de calidad y prestigio a la institución, que imprime a sus actuaciones un sello innovador para hacer frente al reto de la nueva sociedad del conocimiento, garantizando la calidad y la competitividad que se demanda de los ingenieros técnicos industriales.

La marca Cogiti tiene ahora un diseño único y diferenciador con un estilo moderno, claro y sencillo. Su identidad plenamente renovada incluye las ramas tradicionales de la ingeniería técnica industrial: eléctrica, mecánica, química y textil en



Nuevo logotipo del Cogiti

el símbolo o anagrama mediante figuras entrelazadas en una representación esquemática del escudo de ingenieros técnicos industriales.

Se ha optado por una forma geométrica con un aspecto más moderno, con una simbología sencilla y de fácil identificación y el color ha pasado del naranja al azul sobre fondo blanco en el anagrama y el logotipo, con el texto identificativo "Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial" en gris. La nueva identidad corporativa refleja, por tanto, un cambio sustancial con respecto a la anterior, dando cuenta de la evolución de la institución, pero sin olvidar sus raíces.

## El Rey visitó la Real Academia de Ingeniería

Don Juan Carlos visitó el pasado 16 de noviembre la Real Academia de la Ingeniería, cuya sede, el palacio madrileño del Marqués de Villafranca, ha sido rehabilitado recientemente.

Su majestad inauguró varios salones dedicados a las entidades que han financiado la rehabilitación del edificio, Villar Mir (OHL), Telefónica y Repsol. El Cogiti estuvo representado en el acto como patrocinador de la Fundación Pro Rebus Adacemiae, de esta Real Academia.

España y en el exterior. Para constituir su Red PI+D+I selecciona organizaciones y asociaciones profesionales que cumplan determinadas condiciones, entre otras, la de contar con un servicio profesional preparado para cumplir este objetivo de forma gratuita y tenga relación con profesionales o empresas de sectores que desarrollen actividades de I+D+I.

## LA RIOJA

### >> El Colegio de La Rioja participa en un proyecto europeo para recarga de vehículos eléctricos

Un proyecto europeo, liderado por el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de La Rioja, establecerá cinco puntos piloto de recarga eléctrica de emisión cero basada en energía solar, con el fin de impulsar el despliegue progresivo de vehículos eléctricos como medio alternativo de movilidad urbana.

Los cinco puntos de recarga, que serán abastecidos por energía renovable, estarán operativos en el plazo de 18 meses y se ubicarán en el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de La Rioja, polígonos industriales de Zaragoza y la Universidad San Jorge de Zaragoza. La prueba piloto se hará con más de 50 vehículos eléctricos, que se recargarán en estos puntos de una manera gratuita hasta finales de 2013, que es el periodo de vigencia del proyecto.

El proyecto tiene un coste de 2,5 millones de euros, que financiarán, al 50%, la UE y los socios que participan en él, según informó la responsable del proyecto, Susana Lacalzada. Junto al colegio, participan en este proyecto la Cámara Oficial de Comercio e Industria y la Fundación San Valero de Zaragoza, el Ministerio de Medio Ambiente de Austria y la empresa Europa, Innovación y Desarrollo.

## FUNDACIÓN TI

### >> La Gerencia informa a los patronos sobre las actividades de 2010 y propuestas para 2011

En la pasada asamblea de patronos del 18 de diciembre, la gerencia presentó su informe sobre el ejercicio 2010, así como la propuesta de actividades para el año 2011. Ésta se encuentra marcada por las dificultades presupuestarias de los colegios y la fundación, lo que no impide que se mantenga el esfuerzo para hacer viable su funcionamiento necesario para el futuro de la ingeniería técnica industrial en su relación con la sociedad. Un resumen de las actividades previstas para este año es el siguiente:

En el mes de enero se llevará a cabo una campaña de divulgación sobre la convocatoria 2010 de los premios de innovación tecnológica, divulgación, trabajos de investigación, premio especial RITE, premio proyecto fin de carrera y I Certamen de Carteles. Para motivar al colectivo y lograr una fluida participación en estas convocatorias, se enviarán circulares y se realizarán carteles anunciadores, dado que el plazo de entrega finaliza en el

mes de junio y julio. En estos meses se cumplimentarán, por tanto, las actuaciones correspondientes al fallo del jurado sobre la convocatoria 2010 de los premios convocados por la fundación.

También en junio los colegios patrocinadores evaluarán los trabajos presentados a los premios a los mejores artículos publicados en la revista en 2010 y se resolverá el premio de carteles, patrocinado por la mutualidad.



Carátula del DVD sobre las Jornadas de Ingeniería y Sociedad de Cádiz.

La fundación atenderá en la medida de lo posible el Premio Especial de Innovación Tecnológica, los premios fin de carrera y cualquier otra modalidad y también mantendrá la gestión sobre el convenio de colaboración con Wolters Kluwer España para la financiación de premios y para la realización de otras actividades.

La fundación se ha propuesto para este año 2011 renovar los esfuerzos que viene haciendo por fomentar el patrocinio de los premios sobre trabajos de investigación, innovación y divulgación y la búsqueda de apoyos para continuar las convocatorias en años próximos.

## >>> Un repaso del ejercicio anterior

En el mismo acto, la gerencia informó sobre las actividades llevadas a cabo en 2010. De forma resumida puede incluirse la convocatoria de premios de innovación tecnológica y proyecto de fin de carrera a cargo de la fundación; los premios con patrocinio sobre innovación y divulgación con patrocinio del consejo andaluz y consejo gallego, respectivamente, así como el Premio Especial RITE, subvencionado por Wolters Kluwer España y el primer certamen de carteles, bajo el patrocinio de la mutualidad; la ampliación del fondo editorial FTI y la publicación de volúmenes de contenido técnico, llevándose a cabo la edición de reglamentos y normativa necesaria para los ejercientes de la ingeniería.

En lo que se refiere a la edición especial sobre las V Jornadas de Ingeniería y Sociedad de 2008, celebradas en Cádiz, y los contenidos de los premios y becas 2007 y 2008, se decidió realizar una edición en formato digital tipo DVD, para resolver las dificultades presupuestarias. JSA

# FORO TÉCNICA INDUSTRIAL

## Aparece el primer *Boletín del experto*, dedicado a la protección contra incendios

A principios de enero de este año se ha enviado a los usuarios y suscriptores de Técnica Industrial el primer número del Boletín del experto, del Foro Técnica Industrial. Se trata de un nuevo servicio que pone en funcionamiento el foro para responder a la acogida y el interés mostrado por numerosos profesionales por el contenido de algunas de estas propuestas que se desarrollan a través de Internet.

Este primer boletín recogía las consultas y discusiones mantenidas en el Foro del Experto sobre Protección Contra Incendios que ha coordinado Ramón Fernández Becerra y su equipo de profesionales. Un año después de su puesta en marcha, este foro sigue siendo uno de los más visitados. La calidad de las respuestas del experto ha hecho que para muchos participantes en él se haya convertido en parte de sus manuales de trabajo. El contenido del boletín editado –preguntas y respuestas– puede considerarse un documento de consulta perfecto como anexo de las normas, de gran utilidad.

## Los recortes en el mercado de energías renovables en el Foro del Experto

Mientras tanto, el último Foro del Experto Invitado, sobre el mercado de las energías renovables, toca a su fin, sin que el tema, coordinado por Silverio García Cores, haya perdido actualidad. Este foro, que se ha mantenido activo a lo largo de los dos últimos meses, se presentaba en un momento en que los recortes, que primero afectaron a la energía fotovoltaica, amenazaban a la eólica y la termosolar. La publicación de los últimos reales decretos y el Real Decreto de 20 de noviembre, que regula y modifica aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y de 7 de diciembre, referido a las instalaciones de producción en régimen especial eólica y termosolar, han sido temas planteados en el foro. Silverio García ha presentado otras cuestiones, así como determinados estudios publicados sobre las últimas cifras del sector de energías renovables han sido también propuestos en el foro.

## El Buzón de la Protección Contra Incendios, nueva sección del foro para resolver dudas

Desde el pasado mes de octubre funciona a través del Foro Técnica Industrial el Buzón de la Protección Contra Incendios, una nueva sección que traslada las cuestiones de los usuarios a la Comisión de Seguimiento y Redacción de los Documentos Básicos de Seguridad Contra Incendios y de Utilización y Accesibilidad, del Código Técnico de la Edificación ante el Ministerio de la Vivienda.

Esta comisión tiene por objeto contestar las dudas sobre estos documentos que se planteen al Ministerio, así como proponer y debatir los cambios que se consideren oportunos. El Buzón de la Protección Contra Incendios del Foro Técnica Industrial está abierto a recibir todas las dudas relativas a estos documentos básicos, para su resolución. Las primeras consultas de los profesionales ya se encuentran en tramitación.





# Millán Millán Muñoz

Director del Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo

“LA PRIORIDAD PARA EL MEDITERRÁNEO NO ES CONTROLAR EL CO<sub>2</sub>, SINO ATAJAR LA SEQUÍA”

Millán Millán Muñoz (Granada, 1941) pertenece a esa tipología de español bajito pero con arrojo que uno pudiera encontrar entre las filas de un tercio en Flandes. El campo de batalla de este *granaíno malafolla* (título que él mismo se impone) se encuentra en las mismas latitudes, en Bruselas concretamente, pero su cometido es bien distinto: defender ante la Comisión Europea la urgencia de intervenir sobre la pérdida de precipitaciones en la cuenca mediterránea causada por los recientes cambios en el uso del suelo. Según Millán, en el Mediterráneo el cambio climático no es un escenario futuro, sino una realidad desde hace 20 años, y el control de las emisiones de dióxido de carbono no debería ser nuestra prioridad. Hay que recuperar el malogrado ciclo del agua en el Mediterráneo. Y este ingeniero, que se precia de serlo, tiene algunas propuestas para conseguirlo.

Texto: Hugo Cerdà. Fotos: Mónica Torres

**Echando mano de la mitología, se diría que con el cambio climático el científico ha dejado de ser un moderno Prometeo para convertirse en una Casandra con doctorado.** No estoy seguro. Con la cuestión de la contaminación atmosférica y la polémica de la lluvia ácida en los años setenta existía una situación muy similar. Había problemas pero se fueron solucionando. Se controlaron las emisiones. Se encontró que en vez de emitir ciertos contaminantes era económicamente más rentable reprocesarlos. Por ejemplo, se vio que las cenizas volantes eran buenos aditivos para los cementos especiales, y se acabaron las cenizas volantes.

**De acuerdo, se les acaba creyendo, pero después de meter el miedo en el cuerpo a todo el planeta.** Yo llevo trabajando 56 años en estas cosas y en el cambio climático hay una tendencia muy americana a crear un gran esperpento para justificar financiación a Universidades y a la gente que se dedica a crear estos estados de ansiedad. Es algo normal de la técnica americana, pero en Europa nos coge por sorpresa porque aquí nos solemos creer casi todo. Los americanos saben que hay una parte promocional en la gran cosa y que luego la sustancia dura

es la que es. Pero eso en Europa no se hacía y, entonces, cuando pasan estas cosas se crea un estado en el que no viene un lobo, sino que vienen mil. Eso es una técnica típica de la sociedad norteamericana, una técnica de venta, de promocionar programas.

**¿Le parece exagerado, entonces, el mensaje que emana de los diversos informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC)?** Al contrario. El problema de los informes del IPCC es que se quedan muy cortos; no transmiten la seriedad del problema. Aunque no lo parezca, son informes *light*.

**¿A qué se refiere?** El cambio climático no es nuevo. La preocupación sobre el posible efecto de la acción del ser humano en el clima fue resumida en el informe *Study of Man's Impact on Climate* (SIMIC), preparado a instancias de la Real Academia Sueca de Ciencias durante los años 1969 y 1970 y publicado en 1971 por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Fue uno de los dos documentos de trabajo de la conferencia de las Naciones Unidas en Estocolmo que lanzó los programas de medio ambiente a todo el mundo en 1972.

**No le sigo.** Este informe lo conozco bien porque, como becario en la Universidad de Toronto, a mí me tocó revisar los textos, arreglar las figuras. El informe ponía mucho énfasis en que el cambio climático tenía dos patas: una era la del aumento de los gases de efecto invernadero, que es la que hoy preocupa a todo el mundo, y la otra, que se mencionaba que tendría efectos mucho más inmediatos, era la causada por los cambios en el uso del suelo.

**¿Y a esta segunda pata no se le presta atención?** No. Por eso digo que los informes del IPCC se quedan cortos. Están planteando siempre el problema que va a venir, porque el problema a corto plazo, que es el derivado del cambio del uso del suelo, no lo quiere ver nadie.

**¿Qué consecuencias tienen esas modificaciones en el uso del terreno?** A escalas relativamente pequeñas perturban el ciclo hídrico y eso se propaga. Entonces ya se alertaba de que podría haber problemas en el Sahel (África), y ahora el Sahel es una catástrofe. En un sistema típico tenemos vegetación marginal que recircula parte del agua que tú necesitas, empiezas a quitar esa vegetación, el agua deja de recircular y pasa lo que está pasando en Brasil. En la selva tropical, que en inglés se llama precisamente *rain forest*, cuando tú deforestas una zona de 10 por 10 kilómetros, en esa misma zona deja de llover y empiezas a tener unas sequías espeluznantes donde antes siempre llovía desesperadamente. ¿Qué pasa? Que el mecanismo natural de bombeo, que es la vegetación, te lo has cargado. Pero eso es muy incómodo políticamente. Lo de las emisiones de gases es una cosa difusa, pero decirle a alguien que no puede construir en los humedales costeros...

**¿Pero cree usted que el impacto es equivalente al que pueda tener la emisión descontrolada de gases de efecto invernadero?** En algunos casos es peor. Además, resulta que es de efecto inmediato. Lo que suele pasar es que se monta una casta de personas que viven de la ola y que, naturalmente, tienden a minorar cualquier otra cosa que a ellos les perturbe para seguir en la ola. El problema es que esta gente, los expertos del IPCC, sólo pone las referencias que le interesa. Yo soy uno de los revisores. De todo lo que hemos publicado nosotros, que alerta de que hay otros problemas además del dióxido de carbono, no aparece ninguna referencia. Lo tratan como una cosa que puede ser que exista. No, mire usted, está demostrado que existe, y además usted dice que puede ser que exista precisamente porque ya está al tanto de que eso se ha publicado.

**¿Por qué no se incorporan esas referencias?** Aquí hay mucho profesor de Universidad joven y ambicioso, que se monta un tema y que va a hacer carrera. Quiere conseguirse una cátedra o un puesto fijo, y cuando lo consigue si te he visto no me acuerdo. Pero, mientras tanto, crea un estado de ansiedad y de follón para justificar su propia movida. Cuando ves a mucha gente que viene a los paneles dices: “esta persona en su vida ha hecho trabajo de campo”. Se ha leído los informes, pero no ha salido a mirar si lo que tú dices es verdad o si tienes datos reales con los que contrastar las cosas.

**¿Son o no son exagerados los informes del IPCC?** No son exagerados. De hecho, en algunas cosas se han quedado muy cortos, como es el caso de la pérdida de los hielos polares, que ni lo habían visto venir. Tampoco habían visto venir el aumento de las inundaciones en el centro de Europa. Están muy basados en modelización, que no es bueno.

“LO PRIORITARIO PARA NOSOTROS SON LOS PROBLEMAS DE UNA SEQUÍA ESPELUZNANTE, A PESAR DE QUE AHORA LLUEVA EN UN LADO DE LA PENÍNSULA Y EL OTRO ESTÉ SECO COMO EL OJO DE UN TUERTO”

**Como tenemos el caso de los correos hackeados a investigadores británicos que demuestran que habían manipulado datos para aparentar más clara la influencia humana en el calentamiento global, y ahora usted me dice que hay intereses creados dentro del IPCC.** Esos intereses existen siempre. Estos señores no han exagerado; lo único que han hecho es que sólo señalan un aspecto, y cuando les dices que los cambios en el uso del suelo son más importantes a corto plazo, lo ignoran. Estos expertos, además, se alimentan bastante de lo que ellos perciben que el político quiere oír para seguirles financiando. Este es el camino fácil, el aparatoso, el que va a impresionar al político. Pero eso lleva problemas asociados, y es que se puede traducir en directivas europeas o en compromisos internacionales que no se pueden cumplir. Lo único que tengo en contra de estos expertos es que no son equilibrados.

**Es decir, que los informes son ciertos pero incompletos.** Exacto. Sabemos que los gases de efecto invernadero, por principios físicos, van a hacer lo que se está anunciando y posiblemente más. Pero en las latitudes tropicales, es decir, en las escaleras donde vivimos nosotros, esos modelos no nos valen. Lo que aquí pasa está más causado por los cambios en el uso del suelo, y se multiplicará y agravará con el calentamiento global. Lo prioritario para nosotros son los problemas de una sequía espeluznante, a pesar de que ahora llueva en un lado de la Península y el otro esté seco como el ojo de un tuerto.

**Usted ha dicho que en la cuenca mediterránea el cambio climático no es cosa de escenarios a 50 años vista, sino una realidad palpable desde hace 20 años. ¿A qué se refiere?** Hace ya 20 años que venimos documentando un incremento de la sequía debido a una pérdida de precipitaciones en la cuenca mediterránea. Las tormentas de verano están desapareciendo, las que sirven para alimentar los acuíferos en el interior de las cuencas. Mientras, los temporales de Levante o episodios de gota fría están aumentando, con lo que eso supone en términos de erosión del suelo.

**En el Centreo de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) ustedes han hallado una explicación a esa misteriosa**



**desaparición de las beneficiosas tormentas de verano. ¿Cuáles es?**

Creemos que se debe a los cambios en el uso del suelo costero. Lo que hemos descubierto es que las masas de aire circulan verticalmente; es decir, en el Mediterráneo tenemos unas circulaciones costeras en verano que entran por el mar y que terminaban desatando tormentas a 60 kilómetros de la costa. Pero lo que hemos visto es que el agua de mar que arrastran esas masas de aire no es suficiente para producir la tormenta en el interior. Descubrimos que el agua se recicla en las circulaciones costeras mediterráneas, y que el vapor de agua añadido por evaporación sobre la tierra potencia un mecanismo de disparo tendente a favorecer la precipitación del vapor de agua evaporado sobre el mar.

**Y si se elimina esa fuente de humedad extra en tierra, se debilita el mecanismo que activa la precipitación.**

Allí donde tenemos humedales costeros y árboles, a la humedad del mar le añadimos la evaporación de los humedales, de los marjales, la transpiración de la vegetación, logramos que se nos formen nubes, llueve, ese agua alimenta la vegetación, el acuífero... La humedad de la evaporación sobre los marjales costeros y la evapotranspiración de la vegetación son añadidos que bajan el grado de formación de nube. Funcionan como un mecanismo para ordeñar, en forma de lluvia, el vapor de agua disponible en la masa de aire marino. Pero como se han desecado los humedales y deforestado los bosques costeros para construir urbanizaciones, se ha empezado a eliminar el mecanismo de disparo de las tormentas. Cuanto más se sequen las laderas de las montañas costeras, más para arriba se va la nube, y llega un momento en que la tormenta de verano se pierde. Hemos ido cortando la vegetación y hemos dejado atrás un clima semitropical en el que caía un chaparrón casi todas las tardes en la época de los romanos; hemos ido desecando y vamos perdiendo la frecuencia de formación de nubes.

**¿Los bosques y humedales se deberían considerar infraestructuras complementarias de los embalses?**

Sí. Por eso es necesario cambiar la directiva europea, que está pensada para los países del norte de Europa, pero que para aquí resulta inútil. Al político hay que decirle: ¿usted quiere urbanizar? De acuerdo, urbanice cuanto quiera. Pero antes entérese de cuánto vapor de agua evaporaba la zona que usted va a urbanizar. Eso se puede recuperar reforestando en el interior dentro de la misma cuenca. Se puede calcular árbol por árbol o hectárea por hectárea cuánto vapor de agua aportaba ese terreno. En Castellón, por ejemplo, si tú urbanizas una zona regada tendrías que reforestar tres en el interior, porque la zona regada evapora mucha más agua. Y le puedes decir al promotor que pinte de blanco los edificios que vaya a construir o ponga materiales que absorban el calor, para que el aire que pase por allí no gane más temperatura. Incluso si puedes hacer que pierda temperatura mejor, porque el grado de formación de nubes baja. Cuando se dispone del diagnóstico del problema, se pueden buscar soluciones.

**No parece una práctica fácil de asumir por parte de políticos y promotores inmobiliarios.**

Es que una cosa es llegar y

## MUY PERSONAL



**Usted diseñó unos carretes electromagnéticos pareados tipo Hemholtz para medir la cantidad de mineral (sulfuro de níquel), cuya patente ahora se utiliza en los arcos detectores de metales de los aeropuertos. ¿No le pitan los oídos constantemente? Alguien debe acordarse todos los días del creador de semejante martirio.**

No. Sólo me acuerdo cuando tengo que pasarlo yo mismo.

**También diseñó para la NASA el primer instrumento para la medida remota de contaminantes atmosféricos, una herramienta clave hoy en día para el estudio de emisiones volcánicas y la predicción de erupciones. ¿Presume mucho de ello con sus nietos?**

No, todavía son muy pequeños para saber lo que es el Cospec; más bien me recuerda con cierta amargura que alguna vez hacía cosas útiles.

**En su vida, ha rechazado dos puestos importantes dentro de la gestión de la investigación en Europa: en 1986 la Comisión Europea le propuso dirigir el Instituto de Medio Ambiente del Centro Común de Investigación y, años más tarde, le ofrecieron la dirección del Programa de Investigación en Medio Ambiente y Clima de la Comisión Europea. ¿Huye de los puestos más cercanos a los centros de decisión?**

No. Hacía poco que habíamos regresado después de vivir 17 años en Canadá y mi esposa (americana) no era partidaria de más movidas familiares con cuatro hijos.

**¿A sus 69 años, qué le queda por hacer profesionalmente?**

Seguir en lo que estoy trabajando sobre el ciclo hidrológico de la cuenca mediterránea.

**¿Es optimista o pesimista sobre el futuro medioambiental de la península Ibérica?**

Desgraciadamente, creo que soy pesimista.

**Con el cambio climático, ¿tiene la sensación de estar estudiando el fuego mientras se nos quema la casa?**

En cierto modo sí. Una de las causas del cambio climático son los cambios en el uso del suelo, lo cual se conoce desde los años setenta, y no se ha hecho nada.

**Aparte de la investigación medioambiental, ¿qué cosas atraen su interés?**

Me sigue gustando mucho la astronomía.

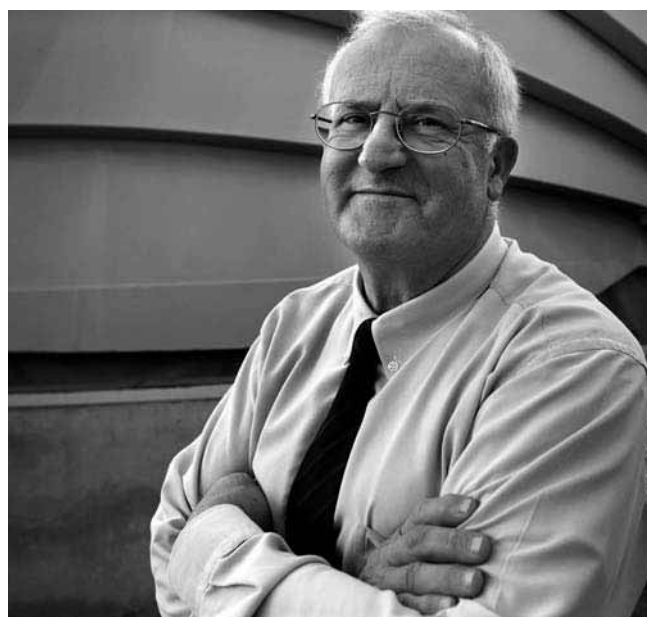
comerte la gallina, y ya no quedan más gallinas; y otra cosa es mantener una granja. Al final, de lo que hablamos es de que tienes que cultivar tu agua, pero que tu granja son 100 por 100 kilómetros y por lo menos 20 por 20 a lo largo de la costa. Y ahí tienes que trabajar, no para coger recursos y metérselos en el bolsillo, sino que tienes que poner los costes reales. Yo les digo a los políticos: ¿usted come pollo? ¿Sale a cazarlo? ¿Quedan pollos salvajes en Europa? Usted come pollo porque alguien dijo una vez “que nos quedamos sin pollos, vamos a inventar las granjas”. Es lo que se está haciendo ahora mismo con el pescado.

**¿Y usted propone crear granjas de agua?** El Mediterráneo es una cuenca cerrada. Tiene sus inconvenientes, pues lo que haga uno de nuestros vecinos nos afecta. Pero también tiene sus ventajas, al tratarse de un sistema recirculatorio cerrado en el cual el desarrollo sostenible es posible. Porque como ahora ya sabemos cómo funciona el ciclo del agua, lo podemos convertir en un *supergallinero* de agua, de maderas nobles, de productos de huerta de primera calidad, que al mismo tiempo mantienen el ciclo hídrico.

**Partiendo de toda la información disponible sobre el ciclo hídrico en el Mediterráneo, ¿cuál es su postura frente a los trasvases y las desalinizadoras?** Ahora mismo, para reenganchar el ciclo hídrico que nos hemos cargado en el Mediterráneo, son parte de la solución. Como he dicho, yo obligaría a los constructores a reforestar. Pero para reforestar se necesita agua, para que los árboles que se planten no se mueran a los dos días. Para poder reenganchar el ciclo hídrico en 15 años se tendría que mantener húmeda la zona reforestada. Eso justificaría un trasvase. Pero, al mismo tiempo, se tiene que consumir agua en las ciudades, y yo como solución inmediata, como parche, tiraría de agua desalinizada. En el momento que vuelve a llover y se recupere el ciclo hídrico, se puede devolver el agua de esos trasvases. Si tienes tormentas en Teruel, en todas las cabeceras de cuenca, parte de esa agua va al Ebro, lo cual quiere decir que tú empiezas a repagar tu préstamo.

**¿Esta cuestión preocupa en Europa?** Nos tenemos que convencer de que en el Mediterráneo es donde vamos a ver las consecuencias del cambio climático antes que en ningún otro sitio, y que nuestros problemas son particulares de esta zona. Es decir, que tenemos que hacer nosotros mismos presión en Bruselas. Evidentemente, a los países del centro y norte de Europa cada vez les importa más lo que ocurra, porque las grandes inundaciones que están sufriendo allí están causadas por lo que pasa en el Mediterráneo. Eso es algo de lo que les advertimos desde aquí y que les costó creer, pero ya parecen tenerlo más claro.

**¿Cómo es eso?** Como hemos dicho, estamos perdiendo las tormentas de verano. Por tanto, cada vez hay más vapor de agua acumulado que no precipita. ¿Qué pasa con todo ese vapor de agua que se acumula sobre la cuenca mediterránea? Debido al carácter recirculatorio de las masas de aire en el Mediterráneo que hemos descrito, ese vapor de agua se sitúa encima del mar y allí contribuye al aumento de la temperatura del mar, con lo que se evapora aún más agua. En verano el Mediterráneo se



comporta como una gran olla que hierve de los bordes hacia el centro. El vapor de agua es 47 veces más potente que el CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero; y el ozono troposférico (que también está aumentando su concentración en la cuenca mediterránea debido a las emisiones de los automóviles) puede ser del orden de 200 veces superior. Cuando ese vapor y ese ozono actúan como gases de efecto invernadero calientan el mar y evaporan más agua. Esas grandes acumulaciones de vapor se trasladan hacia el centro y este de Europa y están detrás de las recientes inundaciones en el centro de Europa. Eso nos ha llevado a alertar de que si el Mediterráneo se nos va de las manos, va a haber problemas.

**Usted ha dicho que los modelos climáticos vigentes no prevén los nuevos fenómenos que se están produciendo desde hace 15 años. ¿Cómo es la relación entre el CEAM, que usted dirige, y la Agencia Estatal de Meteorología?** Yo tengo una bronca soberana con ellos. Cuando lo de Tous ya les advertí de que eso podría pasar, y ellos se empecinaron en que eso no podía pasar. En Canadá lo vi muchas veces. Pero claro, siendo el organismo oficial, no puede ser que tú les llames la atención. Europa tiene un problema muy serio con los corporativos, “yo soy el oficial, a mí qué me vas a contar”.

**¿Entonces no están aprovechando el conocimiento que está generando el CEAM?** No, y son trabajos financiados por la Comisión Europea. Cuando se encuentran con el agua al cuello hacen un dictamen, que se lo ha dado la Universidad de Harvard o unos consultores que cobran una buena pasta, y éstos no tienen ningún problema en sintetizar toda la investigación europea y contarles a ellos lo mismo que les contaba yo, 20 años más tarde y después de pagar cinco millones de euros. Y 20 años más tarde te dicen: “es que el Mediterráneo es una bomba”. Eso es lo mismo que yo te decía hace muchos años. Que no era yo, que era el servicio meteorológico canadiense, en el cual trabajé 14 años. Allí tenían el mismo problema con los grandes lagos.

# El choque del futuro

**Helena Pol**

El historiador John Huizinga publicó en 1927 un libro de cabecera para muchos estudiantes de historia o literatura: *El otoño de la Edad Media*. Este ensayo inició los estudios de lo que desde entonces se ha llamado “historia de las mentalidades”. A diferencia de los estudios historiográficos tradicionales, Huizinga ofrecía un nuevo enfoque: ya no se podía contemplar los hechos históricos sin ahondar en el cambio de mentalidad que ello conllevaba. Su ensayo relata el paso de la Edad Media a la Edad Moderna, al Renacimiento. Con un estilo propio, cercano a un ensayo literario, Huizinga describe hechos tan “etéreos” en la ciencia historiográfica como el tono de la vida, la imagen idílica de la existencia, la sensibilidad artística, etcétera. Para el historiador holandés lo importante en la época era el colectivo y su ambiente: “El hombre moderno no se hace idea, por lo regular, de la desenfrenada extravagancia y enardecimiento del espíritu medieval”<sup>1</sup>.

Siguiendo los pasos de Huizinga, los historiadores del futuro podrán estudiar el cambio de mentalidad que se está produciendo hoy día. El cambio no se da de un año para otro, ni en el reciente cambio de decenio, sino que es una gestación lenta, originada a raíz de los últimos hechos económicos y sociales. Sin el rigor histórico del escritor holandés, Alvin Toffler escribió en 1970 *El shock del futuro*, una obra con tintes futuristas que dibujaba el perfil de una futura sociedad posindustrial como la nuestra. Este escritor norteamericano anunció ya la necesidad de enfrentarnos al cambio de una época. Toffler dividió el libro en dos grandes partes: “Muerte de la permanencia” y “La transitoriedad”. En él explora los efectos de la aceleración del cambio para sobrevivir en el segundo milenio: el individuo debe convertirse en un ser mucho más adaptable que en cualquier tiempo anterior, porque debe comprender la transitoriedad y asimilarla.

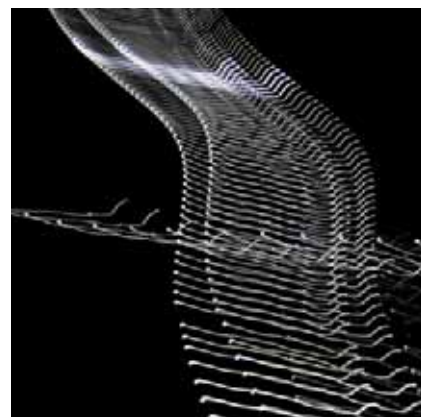
Por ello, advertía Toffler, la llegada del futuro será un *shock*: “Este *shock* –afirma– es la desorientación vertiginosa producida por la llegada prematura del futuro. Y puede ser la enfermedad más grave del mañana”<sup>2</sup>. Define este *shock* como una “nueva enfermedad psicológica, turbadora y virulenta”<sup>3</sup>. Los efectos del *shock* pueden ser múltiples y afectan de diferentes for-

mas la vida del ser humano, pero el autor cree descubrir tres grandes efectos que inciden seriamente en la persona: la *transitoriedad*, la *novedad* y la *diversidad*: “En los tres decenios escasos que median entre ahora y el siglo XXI, millones de personas corrientes, psicológicamente normales, sufrirán una brusca colisión con el futuro. Muchas de ellas, ciudadanos de las naciones más ricas y tecnológicamente avanzadas del mundo, encontrarán creciente dificultad en mantenerse al nivel de las incesantes exigencias de cambio que caracterizan nuestro tiempo. Para ellas, el futuro llegará demasiado pronto”<sup>4</sup>.

¿Les recuerda a algo estas suposiciones de la década de 1970? Hay quien califica a Toffler de futurólogo por estas y otras ideas acerca del impacto de la tecnología y la llegada de lo que Toffler denomina un “ombudsmen” tecnológico (intermediario de confianza) para intentar solucionar el conflicto surgido del intento de control político sobre las investigaciones técnicas: “Las advertencias sobre un exceso de control no deben tomarse a la ligera. Sin embargo, las consecuencias de la falta de control pueden ser mucho peores. De hecho, la ciencia y la tecnología no son nunca libres en sentido absoluto. Los inventos y el ritmo de su aplicación se ven influidos por los valores y las instituciones de la sociedad que los produce. En efecto, toda sociedad tamiza previamente las innovaciones técnicas antes de que éstas sean ampliamente empleadas”<sup>5</sup>. Hasta dónde puede llegar el control de la ciencia y la tecnología sigue siendo un tema de límites difusos y de debate.

LA HISTORIA ANALIZARÁ LA NUEVA MENTALIDAD QUE ESTÁ NACIENDO, COMO UN PUENTE ENTRE EL PASADO Y EL FUTURO, CON EL PAPEL PREDOMINANTE DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Por otro lado, como bien decía Toffler, en el paso del siglo XX al siglo XXI ya se dieron algunos de los cambios anunciados, pero parece que el cambio real se está produciendo ahora, porque la sociedad, o bue-



CARDIEL

na parte de ella, está asimilando aún el concepto de transitoriedad, aceptando que nada es perenne. Aunque somos conscientes de ello, a menudo, necesitamos olvidarnos de ello para vivir, eludiendo la transitoriedad y construyéndonos unos parámetros mentales que nos ayuden a imaginar una realidad a nuestra medida, crearnos una nueva realidad, una realidad B, como bien ha relatado el escritor japonés Haruki Murakami en un artículo acerca del mundo que viene.

Titulado *Realidad A y Realidad B* y basado en su última novela *1Q84* que en japonés se pronuncia igual que 1984, Murakami escribe: “El papel de una historia es mantener la solidez del puente espiritual construido entre el pasado y el futuro. Nuevas morales y orientaciones emergen con bastante naturalidad de tal empresa. Para que ello suceda, primero debemos respirar profundamente el aire de la realidad, el aire de las cosas como son, y debemos encarar pródigamente y sin prejuicios la forma en que las historias están cambiando dentro de nosotros. Debemos acuñar nuevas palabras a tono con el ritmo de ese cambio”<sup>6</sup>.

La Historia se encargará de analizar la nueva mentalidad que está naciendo, como un nuevo puente entre el pasado y el futuro, con el papel predominante de la ciencia y la tecnología.

1 Huizinga, Johan (2004). *El otoño de la Edad Media*. Versión de José Gaos. Traducción del francés medieval de Alejandro Rodríguez. Alianza Editorial, Madrid, p. 27.

2 Toffler, Alvin (1973). *El shock del futuro*. Traducción de J. Ferrer. Ed. Plaza y Janés, Madrid, p. 6.

3 Ídem.

4 Ídem.

5 Op. cit., p. 313.

6 *La Vanguardia*, 21 de diciembre de 2010.



# Los autores deciden sus derechos

**Copyleft, Open Source, Creative Commons, Open Access, Open Archives y otras licencias y movimientos se extienden en Internet como alternativa exclusiva a las normas de propiedad intelectual**

**M. Mar Rosell**

Los debates en torno a la conocida *ley Sinde* han vuelto a poner de manifiesto en España lo difícil que resulta legislar sobre propiedad intelectual en esta era de comunicación digital. Y en ello tiene que ver que la tecnología que ha revolucionado las comunicaciones humanas dejó obsoletos hace tiempo conceptos que han sido básicos durante siglos. Sin ir más lejos, adquirir una obra en un soporte físico (un libro, un disco, un informe o una película) ya no es necesario; ahora basta con contratar una licencia de uso, esto es, un permiso para leer, escuchar o ver, a través de una pantalla, la propia creación intelectual. Y en muchos casos, esa autorización ni siquiera permite descargar la obra para hacer una copia en papel, o en otro soporte, sino sólo utilizarla en un dispositivo determinado.

En el nuevo entorno tecnológico los receptores de un mensaje son también sus distribuidores y emisores-creadores de otros. Los propios fundamentos de Internet, basados en enlaces e intercambios de archivos, son difícilmente compatibles con el control tradicional de los derechos de autor. Todas estas posibilidades que ha puesto la tecnología en manos de millones

y millones de personas han producido una gran transformación mental en la sociedad. Otro concepto, el de pagar por disfrutar de cualquier creación –idea, texto, música, imagen– ha dado paso a la gratuidad de las descargas en amplios sectores, especialmente entre los más activos en Internet. No han sido sólo los consumidores del arte o la cultura; también los creadores han encontrado la forma de liberarse de los costes de las empresas que actuaban como intermediarias en la distribución de sus obras para llegar a su público.

Ante la mayoría de los ciudadanos, este complejo debate se ha simplificado y se presenta como una batalla que se libra entre dos grupos, el de los “creadores” –industria cultural– y el de los “internautas”, partidarios, respectivamente, del cobro por obra artística y del derecho universal a la cultura. Los primeros acusan a los segundos de piratería y los otros a los primeros de explotación y enriquecimiento abusivo. Éste es el debate más extendido porque afecta a las grandes masas de consumidores y, probablemente, a los pagos “preventivos” mediante canon generalizados por las leyes durante años. Además, las actuaciones intransigentes y excesivas de las entidades que represen-

EL AUTOR DE UN TRABAJO QUE APLIQUE UNA LICENCIA CREATIVE COMMONS PODRÁ ELEGIR ENTRE UNA SERIE DE ELLAS, PERO TODAS OBLIGAN A QUIEN LO UTILICE A RECONOCER SU AUTORÍA SIEMPRE

tan a los artistas han contribuido a que una buena parte de la sociedad se posicione sin discutir los aspectos profundos del problema.

En realidad, Internet ha creado en pocos años un universo nuevo en el que se reproduce buena parte de los intercambios que a lo largo de los siglos se han realizado mediante relaciones físicas, pero las herramientas de distribución ya no están sólo en manos de los productores de esos bienes. Y las leyes no son capaces de responder a las exigencias de ambas partes en un mundo que evoluciona de forma vertiginosa y ofrece ilimitadas formas de difundir y acceder a determinadas producciones intelectuales.

Shutterstock



## El movimiento Open Access

Paralelamente al desarrollo de estos cambios en el ámbito comercial del gran público, en el entorno de la Universidad, la investigación y la cultura institucional también se ha producido una gran transformación con la extensión del movimiento Open Access y la aplicación de licencias, como las Creative Commons, todavía no estipuladas por las leyes de propiedad intelectual pero cada vez más aceptadas por los tribunales de Justicia.

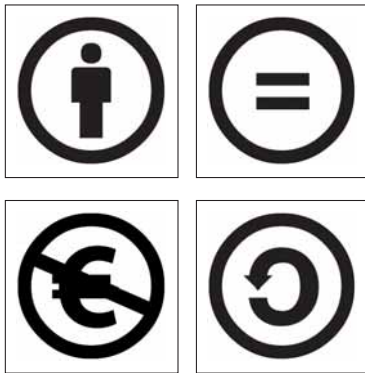
Las normas de propiedad intelectual son, en todo el mundo, recientes y parecidas, aunque con los matices que imponen sus tradiciones jurídicas. Como punto de partida conviene distinguir los dos tipos de derechos de autor reconocidos: morales y patrimoniales. En esta diferencia tienen su origen muchas confusiones y también se basan en ella muchas de las licencias que se

En las últimas décadas las organizaciones internacionales y nacionales, empresas y asociaciones han impulsado y financiado la digitalización de los fondos de las bibliotecas, museos, Universidades y archivos para su uso. Todos



En respuesta a las excesivas imposiciones y efectos del *copyright*, surgió en Estados Unidos el *copyleft* aplicado a la programación informática. Hoy da nombre genérico a una serie de licencias voluntarias de distintos tipos y categorías que, sin vulnerar los derechos de propie-

El autor de un trabajo que aplique una licencia Creative Commons podrá elegir entre una serie de ellas, pero todas obligan a quien lo utilice a reconocer siempre su autoría. Entre los distintos tipos, unas licencias autorizan a usar la obra original sólo sin fines comerciales, otras a generar obras derivadas de ella –traducirla, por ejemplo– y también las hay que permiten comercializarlas aplicando la misma licencia (<http://es.creativecommons.org/licencia/>). Los mantenedores de este tipo de licencias –Stanford Law School en su sede central y en España la Universidad de Barcelona–, proporcionan normas jurídicas para defender las obras en el caso de que el autor encuentre a alguien que haya hecho un uso no autorizado de su trabajo. En cualquier caso, la utilización de símbolos de dere-



De arriba a abajo y de izquierda a derecha:

- Obligación de citar al autor
- Prohibido comercializar el trabajo
- Prohibido realizar obras derivadas
- Obligación de utilizar la misma licencia en las obras derivadas

chos de autor como ©, CC u otro tipo no eximirá nunca del cumplimiento de la Ley de Propiedad Intelectual. Algunos de ellos señalan que las Creative Commons tienen grandes dificultades de comprensión para los usuarios y, por tanto, no son conscientes de las cesiones que realizan. Sin embargo, en España ya hay varias sentencias favorables a este tipo de licencias. Estas licencias, muy extendidas en sectores docentes, educativos y de investigación, fueron impulsadas en 2001 por expertos legisladores e investigadores norteamericanos y se aplican en trabajos de gran interés. Su utilidad en ámbitos ha favorecido el avance del movimiento Open Access, que poco a poco va extendiéndose por Universidades de todo el mundo. Los investigadores se basan en motivos diversos. Uno de ellos es la consideración de que, puesto que su actividad está financiada con fondos públicos o, al menos, esfuerzo social, los resultados de sus trabajos deben servir para que la sociedad se beneficie de sus resultados, sin que eso suponga menoscabo para las instituciones en lo que se refiere a las apli-

## Normas, lo propio y lo ajeno e Internet

Sea cual sea la forma que utilice, un sitio *web* está obligado a proteger los datos personales que recabe –en cumplimiento de la Ley Orgánica de Regulación del Tratamiento Automatizado de Datos de Carácter Personal–, a respetar el derecho al honor y a la intimidad de cualquier citado, a cumplir la Ley de Propiedad Intelectual y a evitar que otro que intervenga en su *web* o *blog* las incumpla.

Si se obtienen materiales de Internet, debe observarse cuál de las acepciones *free* en inglés hay que aplicar: libre/gratuito. Existen portales y archivos con obras gráficas, música y otro tipo de creaciones que permiten su uso libre de pago, aunque no libre de citar la autoría. Si se quiere incluir una fotografía, la ley establece una diferencia entre la mera fotografía y las fotografías de autor que suponen una creación intelectual y que producen los mismos derechos de cualquier obra artística.

Un caso curioso es el de las citas de texto que, en términos estrictos, sólo está permitida sin el permiso del autor con fines docentes o de investigación, con propósitos informativos, para uso de la Administración, incluso con motivo de una parodia, cumpliendo las condiciones que también marca la ley. La cuestión es no omitir la autoría. En Internet algunos abogados recomiendan enlazar a las páginas de inicio de una *web* y no a la página concreta que contiene el documento para evitar conflictos.

Entre los investigadores y articulistas, uno de los problemas más frecuentes es saber si pueden publicar en su propia página artículos publicados en una revista, generalmente científica o especializada, o en un periódico. La respuesta de los especialistas es acudir siempre a las condiciones de publicación del medio y consultar con sus responsables la forma en que se puede utilizar el propio trabajo para evitar demandas. Con frecuencia, se autoriza publicar la obra original (no editada) o aplicar un enlace a la *web* de la revista.

caciones, patentes y otras limitaciones. La creación original del movimiento Open Access respondía especialmente al incremento progresivo de gasto que ocasionaban en las Universidades las suscripciones a las más importantes publicaciones científicas en las que los propios investigadores publicaban sus trabajos.

Promovido por las organizaciones internacionales, la Unesco y la Unión Europea, y basado en acuerdos firmados en la última década, las Universidades e instituciones de investigación han ido creando repositorios en los que los investigadores que lo desean depositan las publicaciones de sus investigaciones y las ponen libremente a disposición de otros. El movimiento tiene sus detractores y la incorporación de los trabajos aún es lenta, pero también ha contribuido a

UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN HAN IDO CREANDO REPOSITARIOS EN LOS QUE LOS INVESTIGADORES DEPOSITAN LAS PUBLICACIONES DE SUS INVESTIGACIONES Y LAS PONEN LIBREMENTE A DISPOSICIÓN DE OTROS

extender la idea de cultura de dominio público. Hoy, las Universidades españolas van fortaleciendo sus repositorios con las aportaciones de los científicos.

El desarrollo tecnológico favorece la aparición de iniciativas que se encuentran con el cuestionamiento de diferentes sectores sociales, casi siempre, con el argumento de los derechos de la propiedad intelectual que hasta ahora no prevé la ley. Google digitaliza libros ya en dominio público u obras huérfanas –cuyos autores no están localizados– y los pone *en la nube*. Frente a quienes lo ven como una oportunidad de contar con millones de libros a través del ordenador, surgen las reacciones de quienes se sienten perjudicados comercialmente o de quienes consideran que se trata de un nuevo paso en la utilización de un bien público con fines privados.



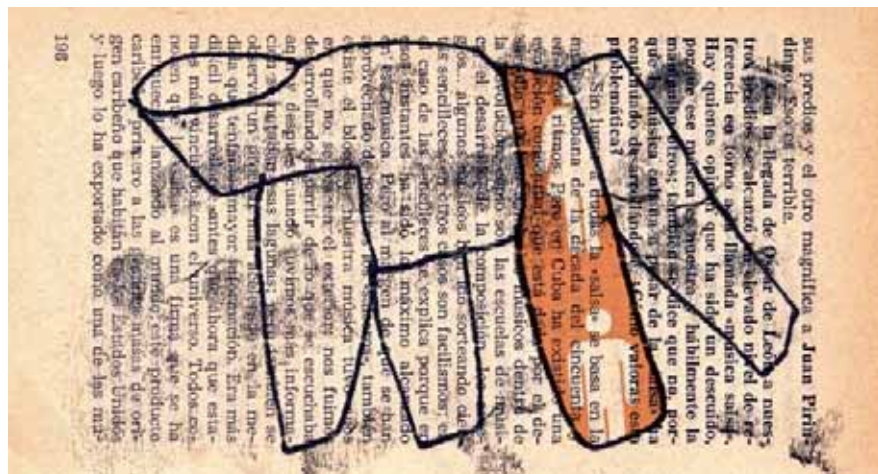
Una buena parte de las obras de científicos e investigadores utiliza la licencia de reconocimiento de autor sin autorización para comercializar el trabajo ni realizar obras derivadas de él.



Este símbolo autoriza a comercializar la obra y a hacer también obras derivadas. Entre ésta y la licencia anterior existen otras cuatro combinaciones con distintos grados de utilización autorizada.



# Cultura y género



"Las mujeres deben saber leer pero sólo determinadas obras"<sup>1</sup>  
Juan Luis Vives [1492-1540]

## Cristóbal Pera

Dos son las primarias identidades, ligadas a la diferenciación sexual, que dividen a los cuerpos humanos: varón/hembra, hombre/mujer, masculino/ femenino. En el ámbito de esta dicotomía, como consecuencia de una interpretación sesgada de la importancia de la diferencia sexual, los discursos ideológicos sobre el sexo masculino han dominado históricamente a los del femenino, lo que ha condicionado el abusivo privilegio de las representaciones sociales de la masculinidad sobre las de la feminidad.

La misoginia cristiana del medievo, que obligaba a la mujer a mostrarse velada ante los hombres y silenciosa en la congregación religiosa, se inicia en el libro del *Génesis* [con el mítico "origen costal" de la mujer a partir de Adán] y se hace explícita, con metáfora corpórea, en las *Cartas* del apóstol Pablo ["Dios cabeza de Cristo, Cristo cabeza del varón y el varón cabeza de la mujer", en 1 *Corintios*, 11] y se confirma en Agustín de Hipona, uno de los cuatro padres de la Iglesia de Occidente, para quien la mujer es para el hombre un "ser complementario".

Incluso en las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla se intenta relacionar forzosamente su menosprecio con la raíz de su nombre, ya que se equipara a la mujer [mulier en latín] con la blandura, la molicie y la sensualidad: "mulier vero a mollitie, tamquam mollier, detracta littera vel mutata appellata est mulier" ["mujer" (proviene) en verdad de molicie;

es decir *mollier*, con una letra extraída y otra cambiada, se llama *mulier*]<sup>2</sup>.

En *La perfecta casada*, Fray Luis de León (1528-1591) aseguraba: "así como a la mujer buena y honesta la naturaleza no la hizo para el estudio de las ciencias ni para los negocios de dificultades, sino para un solo oficio simple y doméstico, así les limitó el entender y, por consiguiente, les tasó las palabras y las razones". Fue en la segunda mitad del siglo XX cuando confluyeron la irrupción académica de la revisión feminista de la historia<sup>3</sup> con la del concepto de *género* –masculino/femenino como una construcción cultural de la masculinidad y de la feminidad, como modos de representación de un cuerpo ante los otros cuerpos.

El discurso feminista se ha apoyado en esta concepción del *género* para reivindicar con insistencia, frente a la abusiva ocupación del espacio social por el género masculino, el papel que, en justicia, corresponde al género femenino. En todo caso, *cultura* y *género* son un par de palabras cargadas de ambigüedad en las que la segunda –una construcción cultural que pertenece ya al ámbito ilimitado de la cultura como abstracción es subsumida por la primera.

Desde esta perspectiva histórica, la cultura, tanto en sentido abstracto como en sus múltiples expresiones humanas –individuales y colectivas ha sido, y continúa siéndolo en gran parte, dominio hegemónico del género masculino. Cuando, de manera excepcional, una mujer se ha convertido en una mujer cultivada, por haber asumido la cultura como aventura de enriquecimiento personal mediante la lectura y la escritura, ha sido preciso que consiguiera previamente

un espacio propio, bajo la protección de algún poder político, religioso o económico que neutralizara el menosprecio por su condición femenina y una combinación paternalista de vigilancia y castigo.

Dos figuras paradigmáticas de mujeres cultivadas que eligieron el difícil camino hacia la cultura como aventura personal, tras conseguir un espacio propio –una en la celda de un convento y otra en una *habitación propia*–, hasta cierto punto a salvo del dominante discurso masculino, han sido sor Juana Inés de la Cruz y Virginia Woolf.

Juana Inés de la Cruz (1651-1695) la monja mestiza mexicana, poeta eximia, pregunta en una carta a su vigilante confesor, entre otras cosas, si "en su opinión es pecado hacer versos", "si las mujeres no tienen alma racional como los hombres" y "si la mujer para salvarse ha de ir por el camino de la ignorancia". Tras la respuesta extremadamente misógina, la inquieta monja se adaptó al discurso patriarcal... vendió su biblioteca, pidió públicamente perdón y enmudeció su pluma.

Virginia Woolf (1882-1941), en su famoso ensayo *Una habitación propia*, a la pregunta ¿por qué las mujeres no escriben novelas? se contesta: "porque una mujer deber tener dinero y una habitación propia, tranquila y a prueba de sonidos". Esto, en el siglo XIX, era extraordinariamente difícil, ya que "eran legión los hombres que opinaban que intelectualmente, no podía esperarse nada de las mujeres. La libertad intelectual depende de cosas materiales y las mujeres han sido pobres desde el principio de los tiempos".

En nuestro tiempo, Hanna Arendt, María Zambrano, Simone Weil, Susan Sontag, Mary Douglas y Elaine Scarry, entre otras muchas, son ejemplos reconfortantes de las altas cotas que puede alcanzar la mujer en el cultivo personal del pensamiento crítico y creativo cuando es liberada de la misoginia institucionalizada.

1 Vives, Juan Luis, *Instrucción de la mujer cristiana*, Espasa Calpe argentina, Buenos Aires, 1944.

2 El problema es –como me ilustra la profesora María Reina Bastardas– "que *mollier* no existe en latín: Isidoro de Sevilla ha tomado la raíz de *mollitia* (*mollis* = blando) y le ha puesto el sufijo -er, común en los sustantivos que designan personas (*pater*, *frater*, la misma *mulier*, etcétera) para crear esta base etimológica de "mulier", evidentemente fraudulenta".

3 Butler, Judith, *Gender Trouble: Feminism and the subversion of identity*. Routledge, 1990.

## Química enológica

Juan José. Moreno Vigara y Rafael Andrés

Peinado Amores

Mundi-Prensa Libros, Madrid, 2010, 511 págs.

ISBN 978-84-8476-390-1

Actualmente hay una gran cantidad de conocimientos técnicos imprescindibles para superar con éxito los retos de innovación y desarrollo a los que se enfrenta el sector del vino. Por ello, no se concibe la enología moderna sin una formación adecuada de los profesionales del sector, como la actual titulación de grado que ofrece la Universidad española. Este libro, aunque inicialmente académico, se dirige a los profesionales del sector, regulados por ley desde 1998, y para aquellos aficionados que deseen avanzar en el conocimiento de las ciencias del vino.

## Microcontroladores PIC con programación PBP

Omar Enrique Barra Zapata y otros

Ra-Ma, Madrid, 2011, 452 págs.

ISBN 978-84-9964-042-6

Esta obra es un punto de partida para la realización de proyectos con microcontroladores PIC, usando para ello un lenguaje de programación sencillo, el PIC Basic Pro. Con este objetivo, el libro presenta circuitos basados en los microcontroladores PIC16F84A, el PIC16F877A y los PIC con interfaz USB PIC18F2550 y PIC18F4550 con su respectiva programación. Está dividido en 18 capítulos, donde se abordan temas como la descripción de los microcontroladores PIC, pantallas de cristal líquido, conversores A/D y D/A, memorias seriales, transmisores y receptores de RF, GPS, etcétera. Hay material adicional que podrá descargarse accediendo a la ficha del libro en [www.ra-ma.es](http://www.ra-ma.es).

## Quiero que mi empresa salga en Google

Sico de Andrés

Starbook, Madrid, 2010, 228 págs.

ISBN 978-84-92650-24-8

Este libro se dirige principalmente al empresario que no conoce los criterios que tienen en cuenta los buscadores a la hora de ordenar sus resultados y qué tareas puede realizar para conseguir aparecer en ellos por encima de su competencia, con los términos que describen sus productos, empresa y servicios. La obra, de corte esencialmente práctico y lenguaje divulgativo, pretende enseñar a optimizar un sitio *web*, mostrando correctamente su contenido y teniendo en cuenta cómo lo visualizarán los motores de búsqueda, a la vez que allanar el camino para que el departamento técnico de la empresa pueda llevar a cabo una correcta optimización. Sus páginas llevan al lector desde el análisis inicial hasta la puesta en marcha de las mejoras en el sitio *web* con los propios recursos.

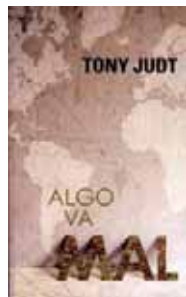
## Algo va mal

Tony Judt

Taurus, Madrid, 2010, 224 págs.

ISBN 978-84-306-0796-9

A pesar las intenciones de dismantelarlo por razones e intereses económicos, el llamado "Estado del bienestar" ha sido uno de los principales logros políticos de los países occidentales tras la II Guerra Mundial. Nunca antes en la historia los ciudadanos de estos países habían disfrutado de tal grado de protección y seguridad, incluyendo el derecho a pensiones, asistencia sanitaria, educación y otras coberturas sociales. Este avance colectivo, aunque instrumentado principalmente por las socialdemocracias occidentales, corre ahora peligro ante el predominio de los mercados y el culto a la privatización. ¿Por qué no somos capaces individual y colectivamente de defender razonadamente estos logros? "Nuestra incapacidad es discursiva: simplemente ya no sabemos cómo hablar de todo esto", advierte el historiador británico Tony Judt, fallecido en 2010, al poco de acabar este libro, escrito con una clara voluntad de estimular y comprometer a los más jóvenes.



## El caso Moro

Leonardo Sciascia

Tusquets, Barcelona, 2010, 192 pág. ISBN 978-84-8383-285-1

El secuestro y posterior asesinato del dirigente democristiano Aldo Moro por el grupo terrorista Brigadas Rojas conmocionó a la opinión pública italiana en aquellos llamados "años de plomo". Y algo cambió en el país y para siempre después de este trágico suceso, aún sin esclarecer del todo. A lo largo de 30 años han ido apareciendo datos y circunstancias que, más que ayudar a su esclarecimiento, lo embrollan más todavía. Por eso, este libro del escritor siciliano Leonardo Sciascia, entonces parlamentario y miembro de la comisión que investigó aquel hecho, sigue siendo tan actual como cuando se escribió hace más de tres décadas. Sciascia analiza las cartas que el dirigente democristiano dirigió a familiares y amigos durante los 50 días de su cautiverio. Se trata de unas cartas que ni la policía ni la prensa se molestó en investigar, atribuyéndolas al estado psicológico en el que se encontraba Moro. Sciascia, lector atento de Borges, toma como guía su relato *Pierre Menard, autor del Quijote*. Al hilo de las cartas, Sciascia reconstruye la trama del secuestro como si se tratara de una novela policiaca. Paso a paso, asistimos con asombro y perplejidad a una trama de hechos inverosímiles, pero reales, a una serie de coincidencias extrañas, de mensajes crípticos, de errores policiales de bulto. Incluso hay una sesión de espiritismo a cargo de un grupo de profesores universitarios de la culta Bolonia, para averiguar el paradero de Aldo Moro. Y lo más inquietante del caso es que llegaron a adivinar (así, sin comillas) el nombre de la calle donde se encontraba un piso franco de las Brigadas Rojas. Uno de aquellos jóvenes profesores era Romano Prodi, posteriormente primer ministro de Italia. En suma, una obra que se puede leer como un ensayo o como un relato que atrapa al lector desde el principio.



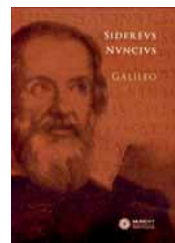
## Sidereus Nuncius (Noticiero sideral)

Galileo Galilei

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (Muncyt)

La Coruña y Madrid, 2010, cuatro volúmenes de 96 págs. y una edición facsímil.

*Sidereus nuncius* (traducido a veces como *Mensajero sideral* o *Mensaje sideral* y en esta edición como *Noticiero sideral*) es el primer tratado científico con observaciones astronómicas realizadas mediante un telescopio. Escrito en latín por Galileo Galilei y publicado en Venecia en marzo de 1610, contiene las primeras observaciones de la Luna, las estrellas y las lunas de Júpiter realizadas por el científico pisano y que le dieron fama como astrónomo. Esta breve obra se



considera también el origen de la moderna astronomía y el principio del fin de la teoría geocéntrica de Ptolomeo, a la vez que motivo de persecución y condena de Galileo por parte de la Iglesia católica. Esta edición del Muncyt, que consta de una edición facsímil y otras cuatro en las cuatro lenguas de España (castellano, gallego, catalán y euskera), prologada por Ramón Núñez Centella y José Manuel Sánchez Ron, es un homenaje a Galileo en el cuarto centenario de la publicación de este libro.

### Seductores, ilustrados y visionarios

Josep Maria Castellet.

Anagrama, Barcelona, 2010, 288 pág.  
ISBN 978-84-339-7218-7

El crítico literario y editor Josep Maria Castellet, una de las figuras capitales de la literatura de nuestro siglo, nos ofrece una visión personal de seis

personajes, todos amigos suyos y todos ya fallecidos, que han sido protagonistas de la vida cultural española y catalana. El filósofo Manuel Sacristán, el editor Carlos Barral, el poeta Gabriel Ferrater, Joan Fuster, Alfonso Carlos Comín y el novelista Terenci Moix ocupan sendos capítulos de un relato original

y sincero, en el que el editor y descubridor de talentos se nos muestra como un gran prosista. Castellet consigue mantener una cierta distancia irónica sobre el pasado en un libro que perdurará en el tiempo.



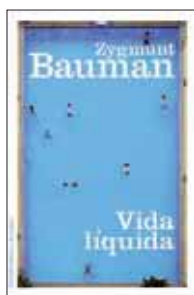
### Vida líquida

Zygmunt Bauman

Paidós, Barcelona, 2010, 208 pág.  
ISBN: 978-84-493-2454-3

El jurado de los Premios Príncipe de Asturias otorgó el galardón en el apartado de Ciencias Sociales ex aequo a los sociólogos Alain Touraine y Zygmunt Bauman, ya reseñados en estas páginas y de los que no nos cansaremos de repetir que se trata de dos grandísimos pensadores.

Con este fin, la editorial Paidós ha reeditado *Vida líquida*, uno de los trabajos más sugestivos de Bauman. En sus páginas desarrolla y amplía el metafórico concepto del estado líquido para referirse a las instituciones y las relaciones sociales de hoy. Su prosa es densa, rica en matices y referencias culturales, pero no difícil ni criptica. Bauman busca la claridad, sin sacrificar el rigor.



### Sunset Park

Paul Auster

Anagrama, Barcelona, 2010, 288 pág.  
978-84-339-7546-1

Al igual que en sus últimas novelas, el escritor neoyorkino Paul Auster, mira la realidad social y política americana, pero en esta novela lo hace con mayor sutileza. Cuatro jóvenes que son el

contrapunto del sueño americano, y que viven una experiencia de *okupas* en un lugar llamado Sunset Park, sirven a Auster para trazar un relato apasionante, sutil, envolvente, sobre la juventud americana en la era del presidente Bush. Aunque las interrelaciones entre los personajes son un tanto forzadas y

artificiales, el relato se sostiene en unos personajes sólidos y no arquetípicos. Una novela que no defraudará a los muchos lectores que tiene Auster.



## CONTRASEÑAS Gabriel Rodríguez

### Libros

Cuentan de un obrero en la antigua Unión Soviética que tenía la costumbre de salir del trabajo empujando una carretilla. Cada tarde, los vigilantes de la fábrica registraban la carretilla, sin encontrar nada, y dejaban salir al trabajador. Después de unos meses se descubrió que estaban robando carretillas. El error de los guardias fue fijarse en el contenido, ignorando el continente.

De un tiempo a esta parte, están sonando las trompetas del Apocalipsis que anuncian el final del libro tal y como lo conocemos, y su sustitución por el llamado libro electrónico. Es más, al libro le han añadido un vergonzoso y redundante complemento: "de papel", robándole una exclusividad que le pertenece desde tiempos remotos. De ser un objeto material, concreto, el libro ha pasado a ser un concepto: de continente ha mutado en contenido. ¿Acaso se nos olvida que la palabra libro (del latín, *liber*, membrana o corteza) tiene más de 2.000 años? ¿Que de las tablillas de arcilla sumerias al código medieval, pasando por el rollo de papiro o de pergamino han transcurrido miles de años?

En efecto, fue entre en la Antigüedad Tardía, en los albores de la Edad Media, cuando se produjo un cambio tecnológico radical: el paso del rollo de pergamino al código, al volumen, que permitía un manejo más cómodo, o acceder a cualquier punto del libro, o colocarlo encima de una mesa y tomar notas al mismo tiempo. Con el tiempo los códigos fueron mejorando su formato, espaciando las palabras y las líneas, las mayúsculas y la puntuación, y con ello llegó otra revolución: la lectura silenciosa.

Es cierto que en un ordenador se puede disponer del entero catálogo de la Biblioteca de Alejandría, lo que supone una cierta comodidad y una gran ventaja. Con el libro electrónico podemos consultar cualquier asunto sin tener que acudir a la biblioteca. O podemos aumentar el tamaño de las letras, si nuestra vista comienza a dar muestras de cansancio.

Sin embargo, el tacto, la forma, el olor y el color del libro material son insustituibles. Es un objeto, como una pluma o una joya o un cuadro. Y como tal, el libro es cálido, sensual, tiene un cierto erotismo que difícilmente se puede encontrar en una pantalla, siempre fría. El libro lo sostenemos con las manos, notamos la textura de sus hojas, acariciamos la suavidad de su cubierta. Es un acto de amor, sin duda.

Es verdad que el libro, su forma y su diseño, siempre está cambiando. Añadiríamos que mejorando notablemente en los últimos años: el diseño de la cubierta más atractivo, su manejo más flexible y cómodo, el tipo de letra es más claro y los márgenes más limpios. La competencia ha empujado a las editoriales a presentar unas cubiertas más atractivas: hoy el escaparate de una librería parece un cuadro de Matisse, lleno de color y forma.

La presencia del libro electrónico puede resultar un acicate para que las editoriales se esmeren en la presentación del libro, en su aspecto material, táctil, para que el libro vuelva a ser una joya como en los tiempos de los monjes medievales. Claro que otra cosa es el contenido: lo que buscaban los vigilantes de la fábrica soviética.



# Presunciones

La presunción de inocencia es un derecho constitucional que nos protege de la denuncia arbitraria e injustificada. No basta con la sospecha para realizar una acusación y es el acusador quien deberá aportar las pruebas pertinentes para conseguir condenar al imputado. Además, éste no pasará a ser acreedor del adjetivo correspondiente a su delito (ladrón, asesino, estafador, etcétera) hasta que la justicia se haya pronunciado, así que ni siquiera ante delitos flagrantes cabe tildar al autor más que con el consabido "presunto". Bienvenidas sean, pues, las garantías judiciales que son las que permiten hablar de un Estado de derecho.

Esta presunción de inocencia acaba de ser aplicada con rigor a los organizadores de un seminario sobre espiritismo, que bajo el nombre de *Vida después de la vida*, se celebró en la sede albaceteña de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) los días 31 de octubre y 1 de noviembre de 2009, en pleno Halloween, que es, sin duda, el momento más espiritista del año. Actos semejantes se llevan a cabo con cierta frecuencia, pero lo que no es tan habitual es que una universidad se preste a ceder un espacio para su celebración, y menos que permita que los organizadores utilicen su nombre como entidad colaboradora para dar mayores visos de seriedad al asunto.

No es de extrañar que el catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos y subdirector académico del Vicerrectorado de Investigación de dicha universidad, Fernando Cuartero, montara en cólera cuando tuvo conocimiento de los hechos, que gestionara la retirada del nombre de la UCLM y enviara una dura carta al vicerrector del campus de Albacete en la que entre otras cosas decía: "Este tipo de vulgares estafadores, por el módico pago de unas tasas, obtienen, mediante una mala práctica, un pretendido amparo académico que es completamente falso". El calificativo de "vulgares estafadores" ha llevado a la jueza titular del Juzgado de Instrucción Nº 1 de Albacete, Otilia Martínez Palacios, a condenar a Fernando Cuartero a un multa de 204 euros por un delito de injurias, aun reconociendo que es aceptable hablar de la parapsicología como seudociencia.

Aunque la sentencia no cite la presunción de inocencia, es evidente que si los organizadores de acto hubieran sido condenados previamente por estafadores no podría haberse calificado de injurioso el escrito de Fernando Cuartero. La cuestión está en la dificultad para conseguir que se condene por estafa a quien se lucra haciendo creer a los ingenuos que es capaz de ponerse en contacto con sus seres queridos ya fallecidos. Si aplicamos estrictamente la presunción de inocencia, esa sentencia nunca se producirá, porque es prácticamente imposible demostrar que los muertos no siguen vivos en algún lugar (aunque sea fuera de nuestro universo, o en alguna dimensión extraña) ni que sea imposible comunicarse con ellos. Tan difícil al menos como que los espiritistas puedan

demostrar lo contrario, es decir, que realmente conectan con los espíritus. Empate pues, podría parecer, aunque la presunción de inocencia lo convierte en victoria de los presuntos estafadores, ya que pueden seguir actuando impunemente.



MARGOT

El espíritu de Karl Popper, el célebre filósofo de la ciencia, debe revolverse allá donde esté (sea otro universo o dimensión desconocida), al ver que una de sus ideas más fecundas no ha conseguido calar en la sociedad. Popper subrayó que no es posible demostrar la veracidad de ninguna teoría o hipótesis, tan solo calificarla de verdad provisional mientras supere todas las pruebas a las que se la someta. El problema se acrecienta cuando los supuestos efectos no son detectables de forma que excluya cualquier manipulación, como es el caso.

La protección de los ciudadanos se ejerce mucho mejor en ocasiones dando la vuelta a la presunción, es decir, obligando a quienes intentan vivir de la realización de actividades seudocientíficas, a demostrar la veracidad de sus afirmaciones, igual que se obliga a los fabricantes de medicamentos y otros productos a demostrar su seguridad y su eficacia, aunque sea una demostración provisional (de acuerdo con Popper, y de hecho, no es infrecuente que un medicamento deba ser retirado tras descubrirse un efecto indeseado no detectado previamente). Sería deseable que se aplicasen medidas semejantes a productos como las pulseras holográficas, anunciadas como muy beneficiosas para la salud y que no han conseguido demostrar ningún efecto.

**“LA PROTECCIÓN DE LOS CIUDADANOS SE EJERCE MUCHO MEJOR EN OCASIONES DANDO LA VUELTA A LA PRESUNCIÓN, ES DECIR, OBLIGANDO A QUIENES INTENTAN VIVIR DE LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES SEUDOCIENTÍFICAS, A DEMOSTRAR LA VERACIDAD DE SUS AFIRMACIONES”**

Aplicar este principio a otras actividades seudocientíficas permitiría evitar tanto fraude como se produce en ese entorno. Y no sería complicado: en el Reino Unido ya existe una ley que obliga a quienes ejercen como adivinos, videntes y similares a demostrar sus facultades con carácter previo al inicio de su actividad. El problema es que, habitualmente, los estafados no son conscientes de serlo porque el paripé de los embaucadores está milimétricamente ajustado a la candidez de sus clientes. No estaría mal que los jueces fueran conscientes de que en estos casos la presunción de inocencia, lejos de proteger a los ciudadanos, nos deja indefensos ante la superchería.



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"



**CEPADE**  
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



**INDUSTRIALES**  
ESCUELA DE NEGOCIOS  
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

Con la Solvencia y  
el Prestigio Académico de  
Universidad Politécnica de Madrid

## **PROGRAMAS MBA y MASTER ESPECIALIZADOS\***

Español, Inglés

O

Bilingüe (Español-Inglés)

\* Postgrados Propios  
de la Universidad Politécnica de Madrid

Modalidades de Impartición:

- Presencial
- Semipresencial
- Distancia Via Internet

[www.cepade.es](http://www.cepade.es)

[www.ienpolitecnica.es](http://www.ienpolitecnica.es)

A Distancia Vía Internet

**CEPADE**

Tel.: +34 91 456.27.95

[infocepade@cepade.es](mailto:infocepade@cepade.es)

C/ Dr. Federico Rubio y Gali, 11

28039 Madrid

Presencial y Semipresencial:

Máster Presencial: L-J 18:30 a 22:00 h

Máster Semipresencial: V: 16:00 a 21:30h

Industriales Escuela de Negocios ( IEN)

Tel +34 91 336.41.58

[info@ienpolitecnica.es](mailto:info@ienpolitecnica.es)

C/ José Gutierrez Abascal, 2 28006 Madrid